



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 97102617.3

[43]公开日 1998 年 2 月 11 日

[11] 公开号 CN 1172964A

[22]申请日 97.1.31

[30]优先权

[32]96.1.31 [33]US[31]60/010901

[71]申请人 美国精密镜片股份有限公司

地址 美国俄亥俄州

[72]发明人 梅尔文·H·克赖泽尔

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

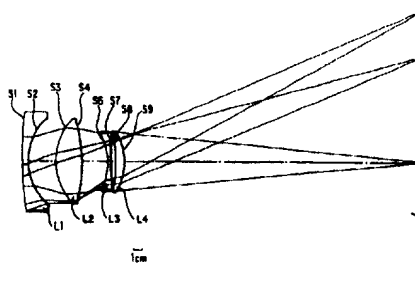
代理人 陈 亮

权利要求书 3 页 说明书 18 页 附图页数 33 页

[54]发明名称 无热的液晶显示投影镜头

[57]摘要

本发明揭示了一种用于形成 LCD 板放大的彩色图像的四部件无热的投影镜头。按从屏幕到 LCD 的顺序,部件的光焦度为负/正/负/正,而色散为低/低/高/低。头三个部件由塑料制成,而最后一部件由玻璃制成。投影镜头在约 5X 到约 12X 的放大率范围上表现出高级的色差修正。四部件设计包含了能实现较长后焦距、无热化以及横向彩色修正小于半个像素的最少的部件。



权 利 要 求 书

1、一种形成目标图像的投影镜头，其特征在于，按从其图像端到其目标端顺序，所述镜头包含：

- (a)第一镜片部件，具有负的光焦度，由具有低色散的塑料材料组成；
- (b)第二镜片部件，具有正的光焦度，由具有低色散的塑料材料组成；
- (c)第三镜片部件，具有负的光焦度，由具有高色散的塑料材料组成；
- (d)第四镜片部件，由具有低色散的材料组成。

2、如权利要求1所述的投影镜头，其特征在于，第一镜片部件的塑料材料为聚丙烯，第二镜片部件的塑料材料为聚丙烯，第三镜片部件的塑料材料为苯乙烯，第四镜片部件的材料为冕牌玻璃。

3、如权利要求1所述的投影镜头，其特征在于，第二镜片部件的光焦度值大于第一、第三和第四镜片部件中每个部件的光焦度值。

4、如权利要求1所述的投影镜头，其特征在于，第四镜片部件的光焦度为正。

5、如权利要求4所述的投影镜头，其特征在于，第三和第四镜片部件的组合光焦度为负。

6、如权利要求1所述的投影镜头，其特征在于，镜头不包括除第一、第二、第三和第四镜片部件之外的任何其它镜片。

7、如权利要求1所述的投影镜头，其特征在于，镜头的后焦距在镜片从室温被加热到其工作温度时基本上不变化。

8、如权利要求1所述的投影镜头，其特征在于，第一、第二和第三镜片部件中的每个部件至少有一个非球面。

9、如权利要求1所述的投影镜头，其特征在于，第一、第二和第三

镜片部件中的每个部件有两个非球面。

10、如权利要求 1 所述的投影镜头，其特征在于，第四镜片部件由玻璃制成，它有两个非球面。

11、如权利要求 1 所述的投影镜头，其特征在于，目标是像素板，镜头的焦距大于最大的板的尺寸。

12、如权利要求 11 所述的投影镜头，其特征在于，镜头的后焦距大于镜头的焦距。

13、如权利要求 1 所述的投影镜头，其特征在于，镜头的横向色差在目标处小于约 100 微米。

14、如权利要求 1 所述的投影镜头，其特征在于，镜头的畸变在图像处小于约百分之一。

15、一种形成目标的图像的投影系统，其特征在于，所述系统包含：
(a)照射系统，包含光源和形成光源像的照射用的光学装置，所述像是照射系统的输出；
(b)像素板，它包含有目标；以及
(c)包含权利要求 1 - 7 中之任一的投影镜头，所述投影镜头具有入射光瞳，其位置基本上对应于照射系统输出的位置。

16、一种形成目标的图像放大率可变的投影镜头系统，其特征在于，所述系统包含：
(a)照射系统，包含光源和形成光源像的照射用的光学装置，所述像是照射系统的输出；
(b)像素板，它包含有目标；以及
(c)包含权利要求 1 - 7 中之任一的投影镜头，所述投影镜头具有入射光瞳，其位置基本上对应于照射系统输出的位置，

其中，投影镜头系统的放大率通过改变最后一个镜片表面与像素板之

间的距离同时保持镜头的人射光瞳基本上固定在照射系统输出的位置上来改变。

说明书

无热的液晶显示投影镜头

本发明涉及一种投影镜头，尤其涉及可以用于形成由像素组成的目标图像（例如液晶显示(LCD)）的投影镜头。

投影镜头系统(此处也称为“投影系统”)用于在观看屏上形成目标图像。图 4 示出了这种系统的基本结构，其中 10 是光源(例如钨卤素灯)，12 是照射光学装置，它形成光源的像(下文称之为照射系统的“输出”)，14 是待投影的目标(例如，LCD 板开关像素阵列)，13 是投影镜头，它由多个镜片单元组成，在观看屏 16 上形成目标 14 的放大的图像。

目标是 LCD 或者其它像素板 (pixelized panel) 的投影镜头系统用于各种应用中，包括数据显示系统。这种投影镜头系统最好使用单个投影镜头，它形成具有例如红、绿、蓝的单板图像或者形成具有三块单独的板的图像，每种颜色一块。为了便于说明，下面的讨论将对使用单块 LCD 板的投影镜头系统进行，应理解，本发明也可以用于使用多块板或者其它像素化类型的系统。

需要投影镜头与 LCD 板一起使用，该透镜至少同时具有下面的特性：(1)长的焦距，例如，焦距大于较大的 LCD 板的最大尺寸，例如 LCD 板的最大尺寸约大于 10 厘米；(2)较长的后焦距，例如后焦距大于镜片焦距；(3)高级的彩色修正；(4)低的畸变；(5)在维持高效率地耦合到照射系统的输出以及高级的像差校正的同时能在各种放大率下进行工作；(6)对温度变化的灵敏度低；(7)最少数量的镜片单元，它们大部分由塑料制成，以使系统的总成本最低。

要求长焦距是由于它可以使用较大的 LCD 板，例如宽度大于 10cm 的板，诸如那些宽度在 20cm 数量级上的板，同时仍然把投影镜头的视场角维持在可控制的范围内，例如约在 50 度 - 60 度(全场)的范围内。要求大的 LCD 板是由于在使用较小的像素时它们可以提供较高的分辨率，或在使用较大的像素时它们使制造变得更容易。

要求较长的后焦距，即最后的镜片表面离 LCD 板的距离，是由于它可以使照射系统的输出处于投影镜头的附近，使输出距离较大。要求较大的输出距离是由于它们在 LCD 板上提供了较小的光线入射角。

高级的彩色修正是重要的，这是因为在像素变模糊或者在极端情况下，像素完全从图像上脱落时，在像素板的图像上可以容易地看到色差。这些问题一般在视域的边缘变得最为严重。一般地，在 LCD 板上进行测量的彩色修正应当好于约半个像素，以避免这些问题，例如彩色修正应当最好比特征尺寸约为 200 微米的像素好约 100 微米。

系统所有的色差需要进行寻址，横向彩色、慧差的色变化以及象散色差一般是最复杂的。横向彩色，即随彩色变化的放大率变化尤其麻烦，由于它把自己表现成对比度降低，尤其在视场的边缘。在极端的情况下，可以在全视场的范围内看见彩虹效果。

在使用阴极射线管(CRT)的投影系统中，可以通过例如相对于蓝 CRT 面上产生的图像大小减小在红 CRT 面上产生的图像大小，可通过电子的方式补偿少量的(剩余的)横向彩色。然而，对于像素化的板，这种调节不能进行，这是因为图像已经数字化了，所以不可能在全视场的尺寸上进行平滑的调整。因此对于这种投影镜头需要高级的横向彩色修正。

应注意，随着投影镜头焦距的增加，色差变得更难以修正。因此，上面讨论的前两种准则，即长焦距以及高级彩色修正在实现适当的镜片设计中是彼此矛盾的。

使用像素板来显示数据导致迫切需要校正畸变。这是因为在观看数据时甚至在镜片视场的极端点上也需要有良好的图像质量。将要明白，在视场边缘显示的数字或字母的图像不畸变就象在其中心处显示的一样重要。而且，投影镜头常常使用偏移的 LCD 板，所以观看屏上的畸变并不对于通过屏幕中心的水平线对称，而是例如从屏幕底部向顶部单调地增加。这种结果使得观看者能容易地观看到甚至是少量的形变。

需要有能以各种放大率有效地工作的投影镜，这是由于它可以使投影系统用于不同尺寸的屏幕，而不需要改变任何的系统部件。仅仅目标和图像共轭需要改变，这可以容易地通过相对于 LCD 板移动镜片来实现。当然，问题是要提供有效的耦合到照射系统的输出上，并在整个放大率范围内提供高级的像差校正。

为了产生出具有足够亮度的图像，大部分光必须通过投影镜头。因此，一般在室温和镜片工作温度之间存在显著的温差。另外，镜片需要能在多种的环境条件下工作。例如，投影镜头系统常常安装到构成建筑物屋顶的房间的天花板上，周围温度可能在 40 °C 以上。为了克服这种影响，

需要一种其光学性能对温度变化不敏感的投影镜头。

一种克服温度敏感性问题的方法是使用由玻璃制成的镜片部件。与塑料相比，玻璃部件的曲率半径和折射率的变化一般比塑料部件的要小。然而，尤其是在需要非球面来进行像差控制时，玻璃部件通常比塑料部件昂贵得多。同样，还希望用少量的镜片部件构成镜片设计，这是由于与使用塑料一样，部件越少就意味着镜片系统的总成本越低。

下面描述的投影镜头达到了上述所有的要求，并能成功地用来生产低成本的投影镜头系统，这种系统能在观看屏上产生高质量的彩色的像素板的图像。

在下面各种专利中描述了与像素板一起使用的投影镜头，包括 Taylor 的美国专利 No.4,189,211、Tanaka 等人的美国专利 No.5,042,929、Yano 等人的美国专利 No. 5,179,473、Moskovich 的美国专利 No. 5,200,861、Moskovich 的美国专利 No. 5,218,480、Iizuka 等人的美国专利 No. 5,278,698、Bentensky 的美国专利 No. 5,313,330，以及 Yano 的美国专利 No. 5,331,462。对 LCD 系统的论述可以在 Gagnon 等人的美国专利 No. 4,425,028、Gagnon 的美国专利 No. 4,461,542、Ledebuhr 的美国专利 No.4,826,311，以及欧洲专利局 EPO 专利公报 No.311,116 中找到。

从上面所述来看，本发明的目的在于提供一种改进的与 LCD 板一起使用的投影镜头，它同时具有上面论述的七种要求性能中的每一种性能。这一目的是通过使投影镜头按从其图像侧到其目标侧（即从其长共轭侧到其短共轭侧）的顺序包含下列部件来实现的：

(a)第一镜片部件，具有负的光焦度，由具有低色散的塑料材料（例如聚丙烯）组成；

(b)第二镜片部件，具有正的光焦度，由具有低色散的塑料材料（例如聚丙烯）组成；

(c)第三镜片部件，具有负的光焦度，由具有高色散的塑料材料（例如苯乙烯）组成；

(d)第四镜片部件，由具有低色散的塑料材料（例如苯乙烯，最好是冕牌玻璃）组成。

在某些本发明的较佳实施例中，第一、第二和第三镜片部件中的每个部件至少具有一个非球面，最好是每个部件具有两个非球面。在其它较佳实施例中，第四镜片部件具有球面，并由玻璃组成。在还有一些较佳实施

例中，第四镜片部件具有正的光焦度，而第三和第四部件的组合光焦度为负。

在本发明的最佳实施例中，投影镜头就是由上述四种镜片构成的。

本发明的投影镜头较好地设计成把照射系统的输出位置用作为投影镜头的伪孔径阑/入射光瞳(参见 Betensky 的美国专利 No.5,313,330，把该专利的相关部分通过引用包括在此)。这样，可以在照射系统的光输出与投影镜之间实现有效的耦合。

根据这些方面，本发明提供一种形成目标图像的投影镜头系统，它包含：

(a)照射系统，包含光源和形成光源像的照射用的光学装置，所述像是照射系统的输出；

(b)像素板，例如 LCD 板，它包含有目标；以及

(c)上述类型的投影镜头，所述投影镜头具有入射光瞳，其位置基本上对应于照射系统输出的位置。

在某些较佳实施例中，通过改变投影镜头最后一个镜片表面与像素板之间的距离，同时保持镜片的入射光瞳基本上固定在照射系统输出的位置上，可以改变投影镜头系统的放大率。

本发明的投影镜头还设计成基本上是无热的。如下面要详细讨论的，这是通过所有投影镜头均使用具有基本上为正和负光焦度的塑料镜片部件来实现的。这样，由于温度变化引起的正镜片部件的光焦度的变化可以通过改变负镜片部件的光焦度来补偿，因此当其温度变化时也能使投影镜头总体的光学性能基本不变。

图 1A、2A 和 3A 是根据本发明构成的投影镜头的侧视略图。

图 1B - 1 至 1D - 4，2B - 1 至 2D - 4 以及 3B - 1 至 3D - 4 分别示出了图 1A、2A 和 3A 的投影镜头在图像对目标的放大率为-0.190、-0.130 以及-0.083(相应的目标对图像放大率为 - 5.3X、-7.7X 以及-12X)上计算得到的性能。

图 1E - 1 至 1E - 2 在细刻度上示出了图 1A 的投影镜头的图像对目标放大率为-0.130 的彩色修正和畸变性能。

图 4 是可以使用本发明的投影镜头的总体投影镜头系统的示意图。

在表 5 中示出了图 1B - 1 至 1E - 2、2B - 1 至 2D - 4 以及 3B - 1 至 3D - 4 的参数。所有的 B - 1、C - 1 和 D - 1 图以及图 1E - 2

都示出了径向畸变，所有的 B - 2、C - 2 图以及 D - 2 示出了对于方形矩阵在观看屏上的畸变。所有的 B - 3、C - 3 和 D - 3 图以及图 1E - 2 示出了相对于入射光瞳坐标的横向色差，其中，实线表示 TAN 数据，短划线表示 SAG 数据，点线表示 SAG - Y 数据。表 6 列出了这些图中圆形、三角形以及正方形表示的波长。所有的 B - 4、C - 4 和 D - 4 图示出了单色光学传递函数，左部示出了贯穿焦点数据、右部示出了波长为 0.546 的焦点对频率数据，其中点线表示 PHASE 数据，短划线表示 SAG 数据，实线表示 TAN 数据。表 7 列出了 At 焦点位置。

这些图并入说明书中，并成为说明书的一部分，它们示出了本发明的较佳实施例，并与描述一起用于解释本发明的原理。当然，应当理解，这些图和描述都只是例子，并不是对本发明的限制。

如上所述，本发明的投影镜头包括具有高色散和低色散的镜片部件，部件的顺序从图像侧算起为低色散/低色散/高色散/低色散。

一般地说，高色散材料是一种具有象火石玻璃的色散的材料，而低色散材料是一种具有象冕牌玻璃的色散的材料。尤其是，高色散材料是那些折射率范围从 1.85 至 1.5 时其 V 值的范围从 20 至 50 的材料，而低色散材料是那些折射率范围相同时，其 V 值范围从 35 至 75 的材料。

对于塑料镜片部件，选择的低色散和高色散材料分别为聚丙烯和苯乙烯。当然如果需要，其它的塑料也可以使用。例如，聚碳酸酯以及聚苯乙烯和聚丙烯的共聚物（例如 NAS）具有与火石玻璃色散相似的性质，可以用来代替苯乙烯。参见《塑料镜片手册》，美国精密镜片有限公司 (Precision Lens, Inc.)，1983 年，第 17 - 29 页。

本发明投影镜头的一个重要方面是它们是无热的，即系统的光学性能（尤其包括镜片组最后一块镜片表面与 LCD 板之间的距离（“后焦距”））基本上不随投影镜头从室温加热到其工作温度而变化。尤其是，后焦距的变化量最好小于使调制传递函数 (MTF) 显著变化的程度，例如，该变化应小于约 5 %。对于下面具体的例子，该 MTF 准则对应于后焦距变化小于约为 0.2 毫米。所要求的镜片焦点热稳定是通过选择和布置塑料镜片部件中的镜片来实现的。

通常，使用塑料镜片部件有缺点，即塑料光学材料的折射率随温度的变化很显著。另一个影响是形状的变化，即塑料光学材料随温度膨胀或者收缩。后者的影响通常没有折射率的变化那样显著。

如果在镜片中仅使用低光焦度塑料镜片部件，则有可能在塑料镜片的热变化与例如镜片镜筒等系统的塑料或者铝质机械部件的热变化之间达到平衡，镜片镜筒通常是由热引起焦点变化的主要的机械方面的根源。在设计中不限制使用光学塑料，即能使用较高光焦度的塑料镜片部件的优点是，由于塑料镜片部件易于模制，能用非球形光学表面(非球面)，使特定的镜片设计的能力(性能)最大。使用较高光焦度塑料部件也导致镜片的总体成本较低。

如果净的塑料光焦度在设计中很重要，则需要进行无热化(athermalization)，或者当镜片温度从室温变化到其工作温度时镜片的焦点将变化。对于投影机尤其是如此，它必须把大量的光送到观看屏上，因此其工作温度将显著地大于室温。

对于本发明的投影镜头，无热化是这样实现的，即，使正负塑料光焦度平衡，同时还考虑塑料镜片部件的位置和那些部件上的边光高度。

就塑料镜片部件将受到的温度变化量以及由此发生的部件折射率的变化量而言塑料镜片部件的位置很重要。通常，接近光源或者光源的像的部件受到的温度变化较大。实践中，在光源和其相关的照射光学装置工作时测量投影镜头将处于的区域的温度分布，然后将那些测得的值用于设计投影镜头。

对给定的热变化特定塑料镜片部件的边光高度确定部件的折射率的变化相对于镜片的整体热稳定性是否显著。边光高度小的部件，例如系统焦点附近的部件一般对系统的整体热稳定性的影响比边光高度大的部件的影响小。

根据上述的考虑，无热化是这样实现的，即根据希望该部件受到的温度变化以及该部件的边光高度调节特定部件的贡献，以平衡塑料镜片部件内的正负光焦度。实践中，把这种无热化过程结合到如下的计算机化的镜片设计程序中。首先，在第一温度分布下进行光线跟踪，并计算后焦距。光线跟踪可以是对于边光的傍轴光线跟踪。第二，在第二温度分布下进行相同的光线跟踪，并再次计算后焦距。无论第一还是第二温度分布都不需要在整个镜头上保持恒定不变，而是，在一般情况下，它可以从一镜片部件到另一镜片部件变化。然后在用镜片设计程序优化系统设计时，把计算得到的后焦距固定到一恒值。

应当注意，上述方案假设投影镜头与 LCD 板的机械装置保持了最后

的镜片表面与 LCD 板之间的距离基本上不随系统温度的变化而变化。如果不能保证这种假设,则可以采取其它的措施进行无热化,例如,可以把机械装置的相对移动量的测量值包括在该过程中,或者把另一距离(例如前镜表面与 LCD 板之间的距离)假设成是机械上固定的。

图 1A、2A 和 3A 示出了根据本发明构成的各种投影镜头。分别在表 1 至 3 中示出了相应镜片的规格要求。在这些图中,镜片部件和镜片表面分别用“L”和“S”数字表示。

如习惯的做法那样,附图的左面画出长共轭,而在右面画出短共轭。因此,在本发明的一般应用中,观看屏在左面,而 LCD 板在右面。图 1A 示出了一种 LCD 板,而对于与图 2A 和 3A 的镜头,具有相似的相对位置。

在表 4 中列出了表 1 - 3 中引用的玻璃和塑料,其中玻璃名称是 HOYA 牌的。其它制造商制造的等效材料也可以用于本发明。

表中所列的非球面系数是用于下式的:

$$z = \frac{cy^2}{1 + [1 - (1 + k)c^2y^2]^{1/2}} + Dy^4 + Ey^6 + Fy^8 + Gy^{10} + Hy^{12} + Iy^{14}$$

其中, z 为在从系统光轴算起距离为 y 处的表面弛垂度(sag), c 为镜片在光轴处的曲率, k 为圆锥常数,除了在表中所指出的之外,其值为零。

表 1 - 3 中所用的缩写如下: OBJ.HT - 目标高度; $f/$ - f -数; MAG - 放大率; STOP - 孔径阑; EFL - 有效焦距; FVD - 前顶点距离; ENP - 入射光瞳; IMD - 像距; BRL - 镜筒长度; EXP - 出射光瞳; OBD - 物距; OVL - 总长,其中给出的值是光从图中的左边传输到右边的情况。

与各个表面相关的符号“a”表示非球面,符号“ac”表示圆锥常数不为零的非球面。表 1 中的表面 5 和表 3 中的表面 3 对应于光晕孔径(vignetting aperture)的位置(图中没有示出)。表 1 - 3 中给出的所有尺寸是以毫米为单位。

如上所述,本发明的投影镜头用 Betensky 的美国专利 No.5,313,330 的伪孔径阑/入射光瞳技术来设计的。表 2 中的表面 9 和表 1 和 3 中的表面 10 构成伪孔径阑。其位置对应于照射系统的输出位置。

如标示成“可变间隔”的子表中可以看到的,从伪孔径阑到 LCD 板

的距离，即“像距”对于投影镜头系统的所有焦点位置(放大率)基本上恒定不变。相反，表 2 中的间隔 8 和表 1 和 3 中的间隔 9 随不同的放大率变化。在一些情况下，相应于位于由镜片前后镜片表面限定的间隔内的照射输出该间隔为负。

关于无热化，应当注意，对于表 1 - 3 中所列的每种规格，第二镜片部件的光焦度值大于第一、第三和第四镜片中每个镜片的光焦度值。这种正塑料镜片部件较高的光焦度在系统温度变化期间实现了所要求的相对于负塑料镜片部件的平衡。

如上所述，投影镜头的第四镜片部件最好由玻璃制成。当系统的放大率改变，照射系统的输出穿过第四部件时尤其要如此。在该输出的附近明显地产生热量，玻璃镜片部件能更好地耐受此热量。

表 1 - 3 的投影镜头的性能特性分别图示在图 1B - D、2B - D 和 3B - D 中。这些图中的每幅图包含下列内容：

(1)定名为“径向畸变”的曲线图，它示出了畸变对相对视场高度的百分比。

(2)算得的在正方矩阵的观看屏上的图像，它定性地图示了本发明的投影镜头表现出的较小的畸变。

(3)一系列定名为“横向色差对相对入射光瞳坐标”的曲线图，它示出了本发明的投影镜头对 LCD 板上的各视场点的高级的彩色修正，尤其是横向彩色修正。视场点高度以毫米为单位，垂直的尺度为十分之一毫米。

(4)光学传递函数(OTF)曲线图，在左边它们示出了贯穿焦点调制传递函数(MTF)以及在右边示出了在观看屏的各视场点的最佳轴焦点处的 OTF。在右边的曲线图中所示的用于左边和右边曲线图的视场高度是以毫米为单位的。贯穿焦点数据是在指定的空间频率上以每毫米的周数为单位。贯穿焦点和最佳焦点数据表示了切线和弧矢(短划线)MTF。模数尺度在每块的左边，从零到 1。OTF 的相位在最佳焦点曲线图中图示成点线。相位的尺度表示在各最佳焦点块的右边，以弧度为单位。所有的 OTF 数据都是对于 546.1 钠米的波长的。最佳焦平面在轴向贯穿焦点曲线图的峰值处。

图 1E 以更细小的尺度重复了图 1C 的第 1 和第 3 项。具体地说，横向色差曲线图的垂直尺度为 0.05 毫米，而不是如图 1C 所示的 0.1 毫米。

如这些图中所示，本发明的投影镜头使畸变达到小于约 1%，使横向

彩色修正优于约 100 微米。因此, 这种镜头适用于使用像素特征尺寸在 200 微米附近的像素板的数据显示器。

虽然已经描述和图示说明了本发明的具体实施例, 但应当理解, 对于本技术领域的普通人员来说根据上面的揭示, 显然可以作出不脱离本发明的范围和精神的各种变化。下面的权利要求书旨在覆盖此处所列的具体实施例以及这些变化、改变和等同物。

表 1

镜片数据

表面号	类型	半径	厚度	玻璃	净孔径直径
1	a	258.9160	6.07000	聚丙烯	111.93
2	a	56.6977	33.17298		96.44
3	ac	76.3417	30.00000		94.50
4	a	-148.4735	12.00000		90.56
5		∞	17.63170		67.42
6	a	-77.4000	4.38000	苯乙烯	62.74
7	a	1611.6260	5.21125		64.54
8		-162.8412	10.00000	BACD18	64.94
9		-64.7685	间距 1		66.38
10		孔径阑	像距		64.69

符号说明

a- 多项式非球面

c- 圆锥截面

圆锥

表面号	常数
3	-1.0000E+00

多项式非球面

表面号	D	E	F	G	H	I
1	-2.6393E-07	-1.1784E-11	-1.3009E-14	2.2801E-18	4.4042E-22	-9.4946E-26
2	-7.8185E-08	-5.9580E-11	5.9020E-15	-7.3477E-17	2.5485E-20	-5.4606E-24
3	6.0354E-07	1.3211E-10	-2.7169E-15	8.6146E-18	-4.2816E-22	1.5380E-24
4	1.7471E-07	1.4960E-10	-2.8015E-14	1.6531E-17	5.4072E-21	-2.6405E-24
6	2.7107E-01	-6.2968E-10	1.1631E-13	-1.3853E-16	3.0894E-19	-1.7750E-22
7	6.5144E-07	-3.7034E-10	-4.3124E-13	9.3495E-16	-5.5753E-19	1.0636E-22

可变间隙

焦点位置	间隙 1T(g)	聚点偏移	像距
1	28.953	-2.027	340.002
2	12.154	-1.763	339.981
3	-1.150	-1.668	339.999

波长

0.54610 0.48000 0.64380 0.43580 0.70652

系统一阶性质, 位置 1

OBJ. HT: -887.00 f/ 5.75 MAG: -0.1900
STOP: 0.00 在表面后 10. DIA: 59.686
EFL: 284.718 FVD: 487.420 ENP: 107.304
IMD: 340.002 BRL: 147.418 EXP: 0.205198E-12
OBD: -1672.75 OVL: 2160.17

系统一阶性质, 位置 2

OBJ. HT: -1296.0 f/ 5.50 MAG: -0.1300
STOP: 0.00 在表面后 10. DIA: 62.406
EFL: 284.718 FVD: 470.602 ENP: 91.7840
IMD: 339.981 BRL: 130.620 EXP: 0.423090E-12
OBD: -2364.38 OVL: 2834.98

系统一阶性质, 位置 3

OBJ. HT: -2030.0 f/ 5.32 MAG: -0.0830
STOP: 0.00 在表面后 10. DIA: 64.548
EFL: 284.718 FVD: 457.315 ENP: 80.6553
IMD: 339.999 BRL: 117.316 EXP: -.111390E-12
OBD: -3604.58 OVL: 4061.89

部件的一阶性质

部件号	表面号		光焦度	f'	l_{pp}	l'_{pp}
1	1	2	-0.67311E-02	-148.56	5.2558	1.1509
2	3	4	0.93573E-02	106.87	7.1355	-13.878
3	6	7	-0.80636E-02	-124.01	0.12572	-2.6178
4	8	9	0.62006E-02	161.27	9.7290	3.8696

表 2

镜片数据

表面号	类型	半径	厚度	玻璃	净孔径直径
1	a	322.3390	7.78851	聚丙烯	117.87
2	a	70.5551	57.25451		105.91
3	ac	148.1828	26.65211		96.42
4	a	-162.4473	70.61526		92.21
5	a	-109.9940	5.62220	苯乙烯 BACD5	79.31
6	a	-1692.0648	4.20967		81.45
7		-250.0788	12.00000		81.58
8		-81.6808	间距 1		82.88
9		孔径阑	像距		93.39

符号说明

- a- 多项式非球面
- c- 圆锥截面

圆锥

表面号	常数
3	-1.0000E+00

多项式非球面

表面号	D	E	F	G	H	I
1	-2.0984E-07	-7.5750E-11	3.0880E-15	2.7629E-18	-7.2540E-23	-6.6543E-26
2	-1.2823E-07	-1.2193E-10	-4.4508E-14	2.9897E-18	4.0337E-21	-9.6558E-25
3	4.0361E-07	6.0227E-11	-1.1052E-14	1.8246E-18	2.5615E-21	-1.3683E-25
4	3.1395E-07	1.1641E-10	-4.3652E-14	1.9584E-18	-4.4860E-22	-1.4575E-26
6	9.4783E-07	-6.4716E-10	3.8678E-14	1.8298E-16	-1.0463E-19	1.8451E-23
7	9.4162E-07	-5.7492E-10	1.2965E-14	2.0056E-16	-1.602E-19	2.1737E-23

可变间隙

焦点位置	间隙 1 T(g)	聚点偏移	像距
1	-63.674	-2.230	496.023
2	-83.159	-2.571	496.077
3	-98.157	-2.566	496.126

波长

0.54610	0.48000	0.64380	0.43580	0.70652
---------	---------	---------	---------	---------

系统一阶性质, 位置 1

OBJ. HT: -887.00	f/	5.40	MAG: -0.1900
STOP: 0.00	在表面后	9.	DIA: 92.647
EFL: 318.172	FVD: 616.491	ENP: 80.4136	
IMD: 496.023	BRL: 120.468	EXP: -.549567E-12	
OBD: -1825.41	OVL: 2441.90		

系统一阶性质, 位置 2

OBJ. HT: -1296.0	f/	5.40	MAG: -0.1300
STOP: 0.00	在表面后	9.	DIA: 92.842
EFL: 318.172	FVD: 597.060	ENP: 70.5605	
IMD: 496.077	BRL: 100.983	EXP: -.359683E-12	
OBD: -2598.30	OVL: 3195.36		

系统一阶性质, 位置 3

OBJ. HT: -2030.0 f/ 5.40 MAG: -0.0830
 STOP: 0.00 在表面后 9. DIA: 92.878
 EFL: 318.172 FVD: 582.111 ENP: 63.5305
 IMD: 496.126 BRL: 85.9852 EXP: -.432690E-12
 OBD: -3984.22 OVL: 4566.33

部件的一阶性质

部件号	表面号	光焦度	f'	lpp	l'pp
1	1 2	-0.54081E-02	-184.91	6.7450	1.4764
2	3 4	0.61882E-02	161.60	8.7611	-9.6045
3	5 6	-0.50506E-02	-198.00	-0.24540	-3.7751
4	7 8	0.50048E-02	199.81	10.909	3.5631

表 3

镜片数据

表面号	类型	半径	厚度	玻璃	净孔径直径
1	a	605.1548	7.78851	聚丙烯	102.93
2	a	70.9296	40.85381		90.30
3		∞	0.66700	聚丙烯	85.19
4	ac	124.7155	26.65211		87.70
5	a	-144.4710	56.15536		87.17
6	a	-115.6453	5.62220	苯乙烯	76.69
7	a	2804.7799	4.65586		78.05
8		-271.4920	12.00000	BACD5	78.20
9		-82.8601	间距 1		79.91
10		孔径阑	像距		87.56

符号说明

- a- 多项式非球面
- c- 圆锥截面

圆锥

表面号	常数
4	-1.0000E+00

多项式非球面

表面号	D	E	F	G	H	I
1	-1.2973E-07	-3.2066E-11	-1.6426E-15	8.3786E-19	1.8877E-22	-5.5531E-26
2	6.8218E-10	-2.7966E-11	-4.1719E-14	-9.0336E-19	4.1090E-21	-1.2373E-24
4	2.7451E-07	2.5026E-11	2.3591E-14	-2.0105E-18	-1.7975E-22	1.3135E-24
5	1.7168E-07	6.8612E-11	-3.1702E-15	6.5307E-19	1.3851E-21	9.1951E-25
6	1.0298E-01	6.3761E-10	1.0583E-13	9.3309E-17	-5.7638E-20	8.7325E-24
7	1.0333E-07	5.7606E-10	-3.5169E-15	2.4614E-16	-1.5227E-19	3.0756E-23

可变间隙

焦点位置	间隙 1 T(g)	聚点偏移	像距
1	-33.000	-3.599	460.145
2	-52.000	-3.414	460.070
3	-67.000	-3.289	460.109

波长

0.54610	0.48000	0.64380	0.43580	0.70652
---------	---------	---------	---------	---------

系统一阶性质, 位置 1

OBJ. HT: -887.00	f/	5.58	MAG: -0.1900
STOP: 0.00	在表面后	10.	DIA: 83.388
EFL: 320.995	FVD: 581.540	ENP: 80.0929	
IMD: 460.145	BRL: 121.395	EXP: -.461737E-12	
OBD: -1865.18	OVL: 2446.72		

系统一阶性质, 位置 2

OBJ. HT: -1296.0 f/ 5.32 MAG: -0.1300
 STOP: 0.00 在表面后 10. DIA: 87.481
 EFL: 320.995 FVD: 562.465 ENP: 68.5677
 IMD: 460.070 BRL: 102.395 EXP: 0.192812E-12
 OBD: -2644.93 OVL: 3207.39

系统一阶性质, 位置 3

OBJ. HT: -2030.0 f/ 5.32 MAG: -0.0830
 STOP: 0.00 在表面后 10. DIA: 87.563
 EFL: 320.995 FVD: 547.504 ENP: 60.1772
 IMD: 460.109 BRL: 87.3948 EXP: 0.112053E-12
 OBD: -4043.14 OVL: 4590.65

部件的一阶性质

部件号	表面号	光焦度	f'	lpp	l'pp
1	1 2	-0.61130E-02	-163.59	5.9358	0.69573
2	4 5	0.71322E-02	140.21	8.5473	-9.9012
3	6 7	-0.53606E-02	-186.55	0.13949	-3.3830
4	8 9	0.50764E-02	196.99	10.602	3.2358

表 4

材料表

名称	Ne	Ve
聚丙烯	1.4938	56.9
苯乙烯	1.5949	30.7
BACD18	1.6413	55.2
BACD5	1.5914	61.0

表 5

图参数

图	焦距	放大率	F 数	目标高度	图像高度
图 1B-1~1B-4	284.72	-0.190	5.75	-887.00	166.51
图 1C-1~1C-4	284.72	-0.130	5.50	-1296.00	166.43
图 1D-1~1D-4	284.72	-0.083	5.32	-2030.00	166.35
图 1E-1~1E-2	284.47	-0.130	5.50	-1296.00	166.44
图 2B-1~2B-4	318.17	-0.190	5.40	-887.00	166.25
图 2C-1~2C-4	318.17	-0.130	5.40	-1296.00	165.77
图 2D-1~2D-4	318.17	-0.083	5.40	-2030.00	165.46
图 3B-1~3B-4	320.99	-0.190	5.58	-887.00	165.81
图 3C-1~3C-4	320.99	-0.130	5.32	-1296.00	165.59
图 3D-1~3D-4	320.99	-0.083	5.32	-2030.00	165.44

表 6

图参数

图	尺度: 单位	圆形数据点	三角形数据点	正方形数据点
图 1B - 3	.100	.546	.480	.644
图 1C - 3	.100	.546	.480	.644
图 1D - 3	.100	.546	.480	.644
图 1E - 2	.050	.546	.465	.644
图 2B - 3	.100	.546	.480	.644
图 2C - 3	.100	.546	.480	.644
图 2D - 3	.100	.546	.480	.644
图 3B - 3	.100	.546	.480	.644
图 3C - 3	.100	.546	.480	.644
图 3D - 3	.100	.546	.480	.644

表 7

图参数

图	At 焦点	波长	权重
图 1B - 4	.050	.546	1.0
图 1C - 4	.000	.546	1.0
图 1D - 4	.100	.546	1.0
图 2B - 4	-.390	.546	1.0
图 2C - 4	.122	.546	1.0
图 2D - 4	.251	.546	1.0
图 3B - 4	-.177	.546	1.0
图 3C - 4	-.009	.546	1.0
图 3D - 4	.154	.546	1.0

说明书附图

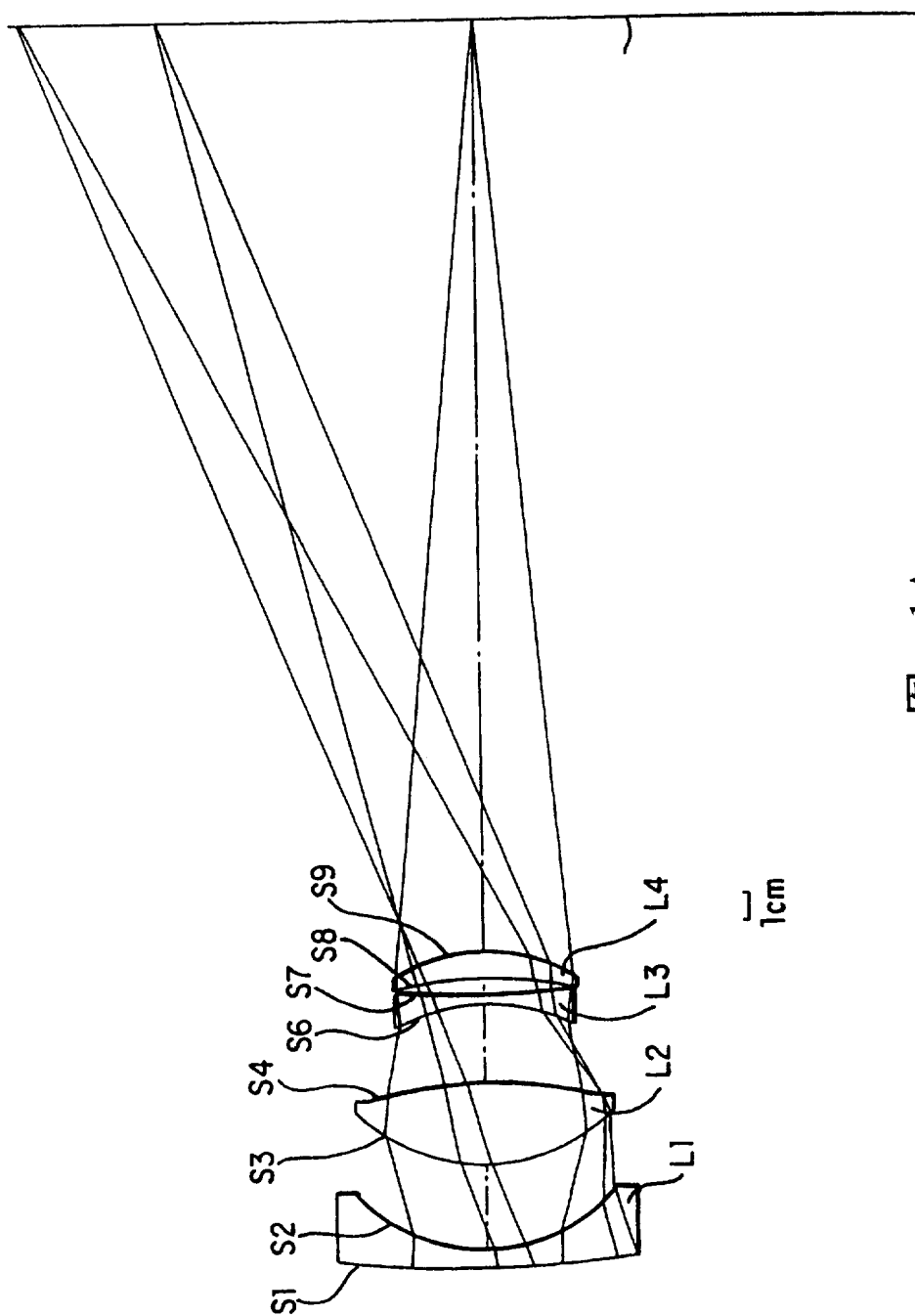


图 1A

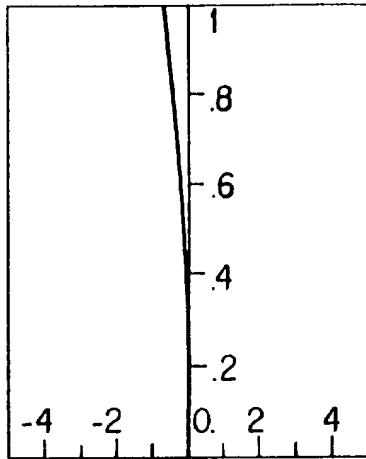


图 1B-1

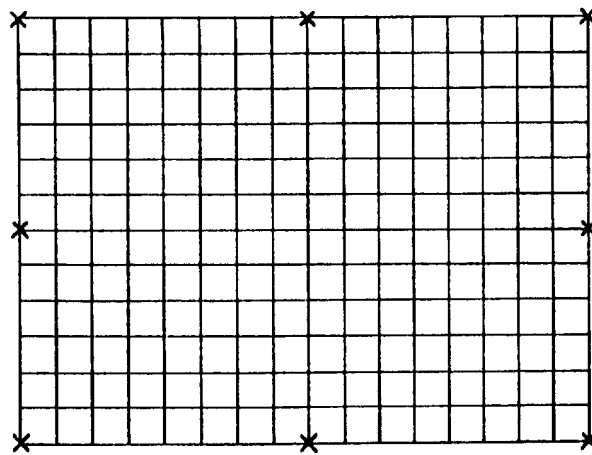


图 1B-2

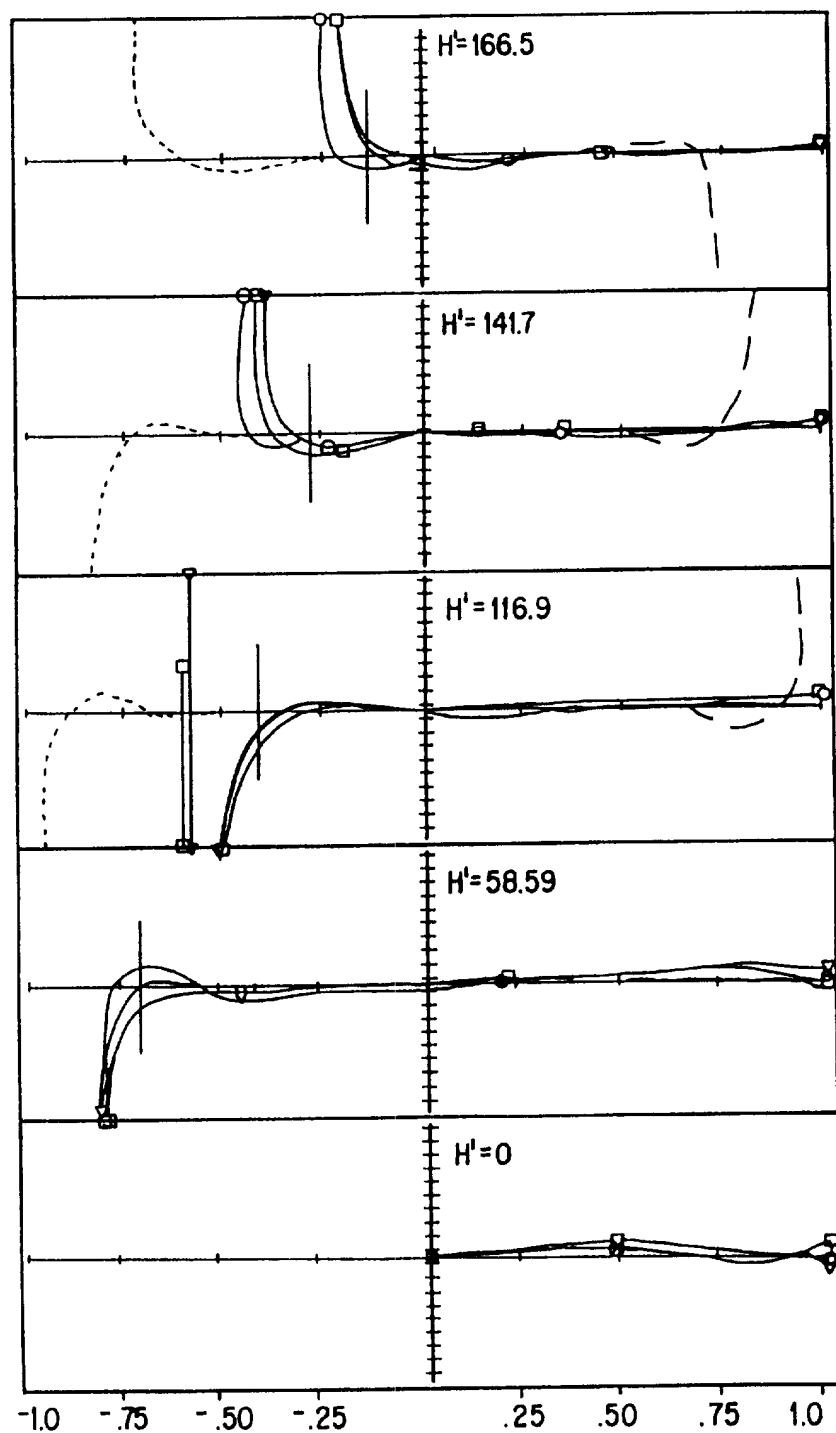


图 1B-3

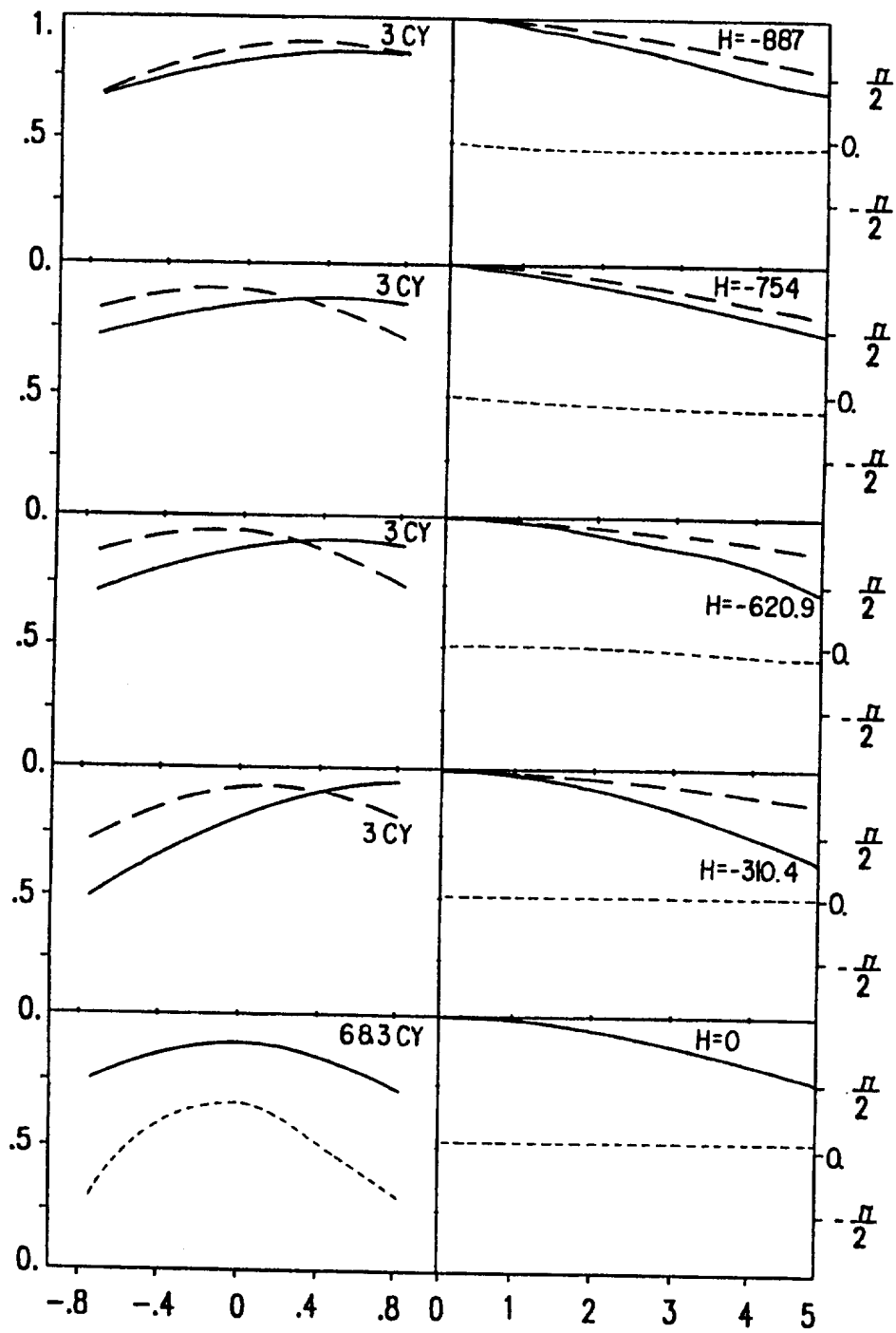


图 1B-4

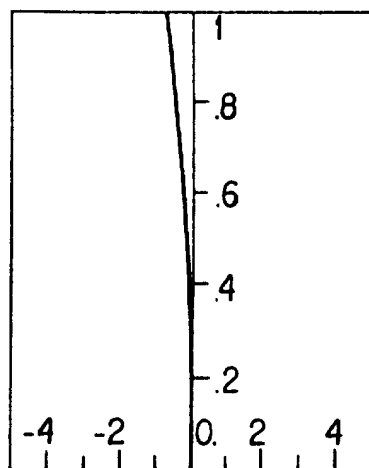


图 1C-1

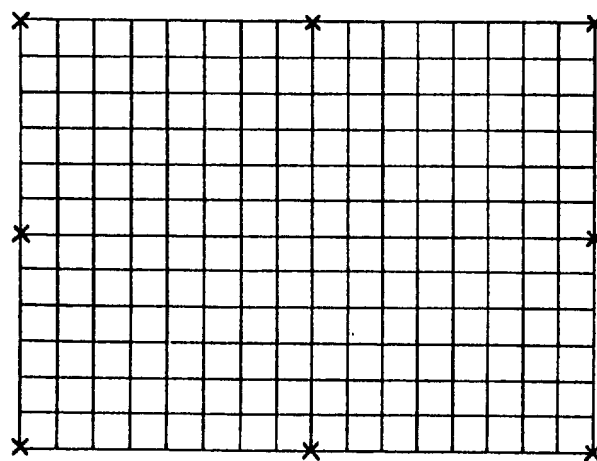


图 1C-2

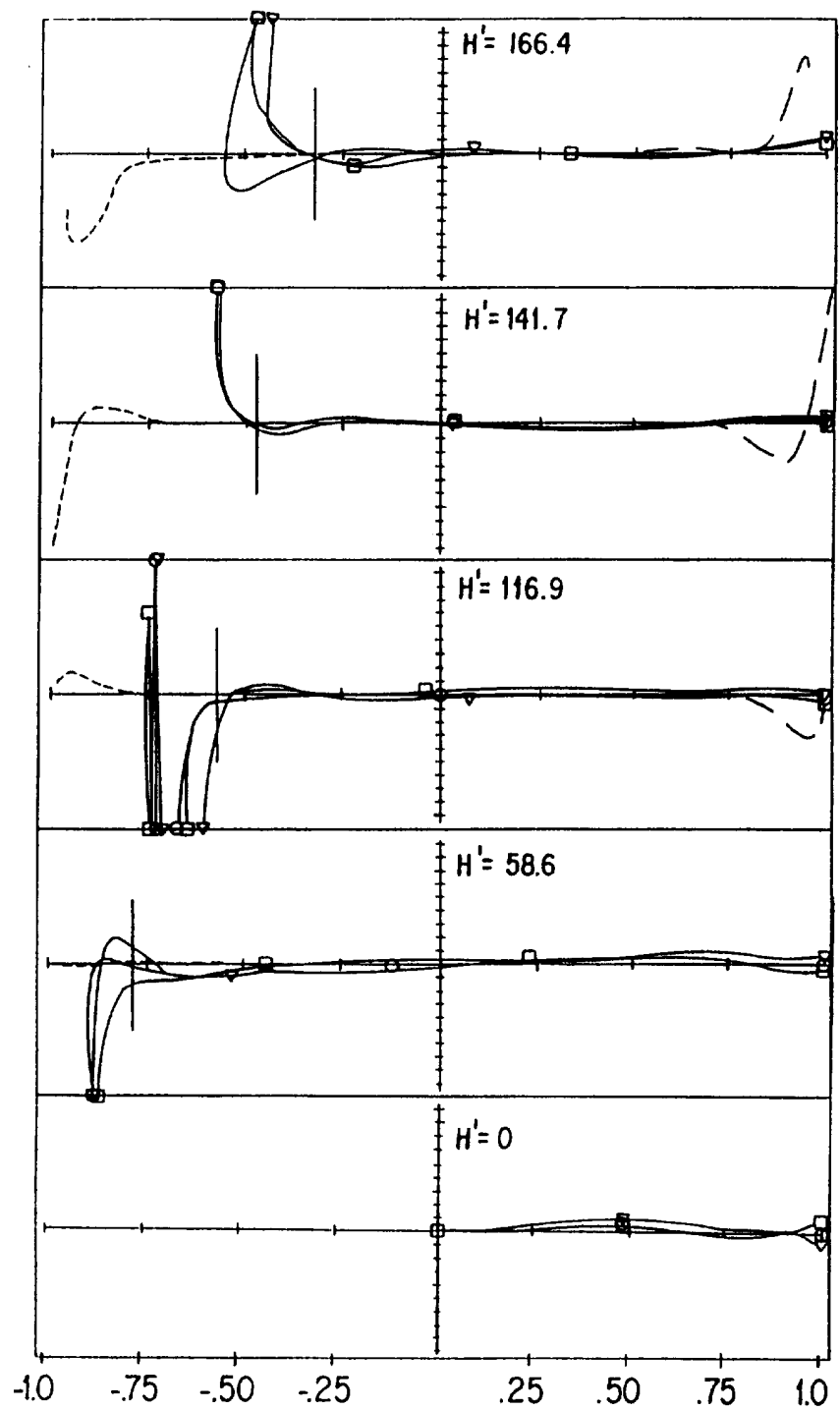


图 1C-3

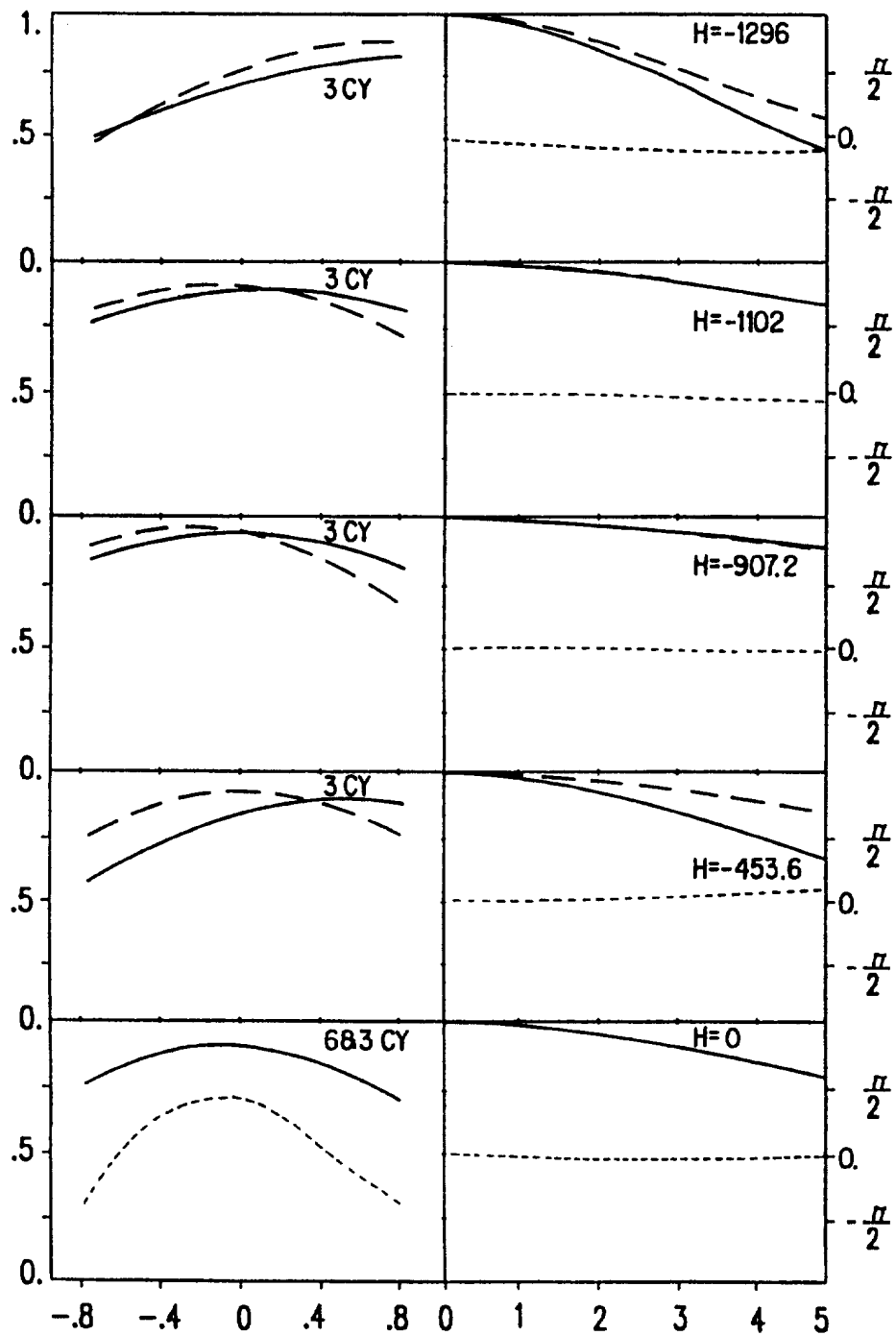


图 1C-4

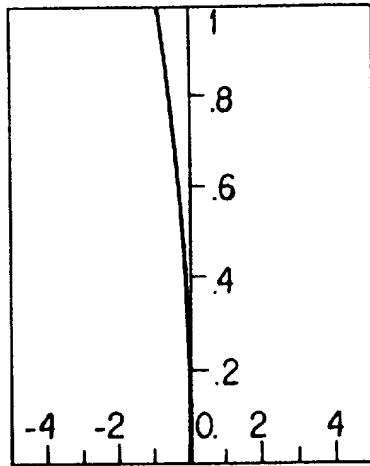


图 1D-1

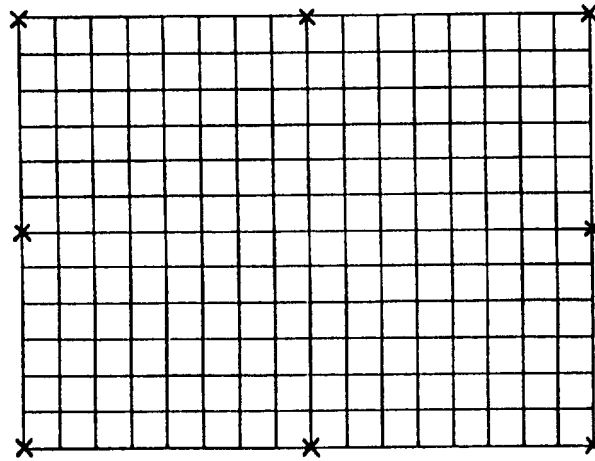


图 1D-2

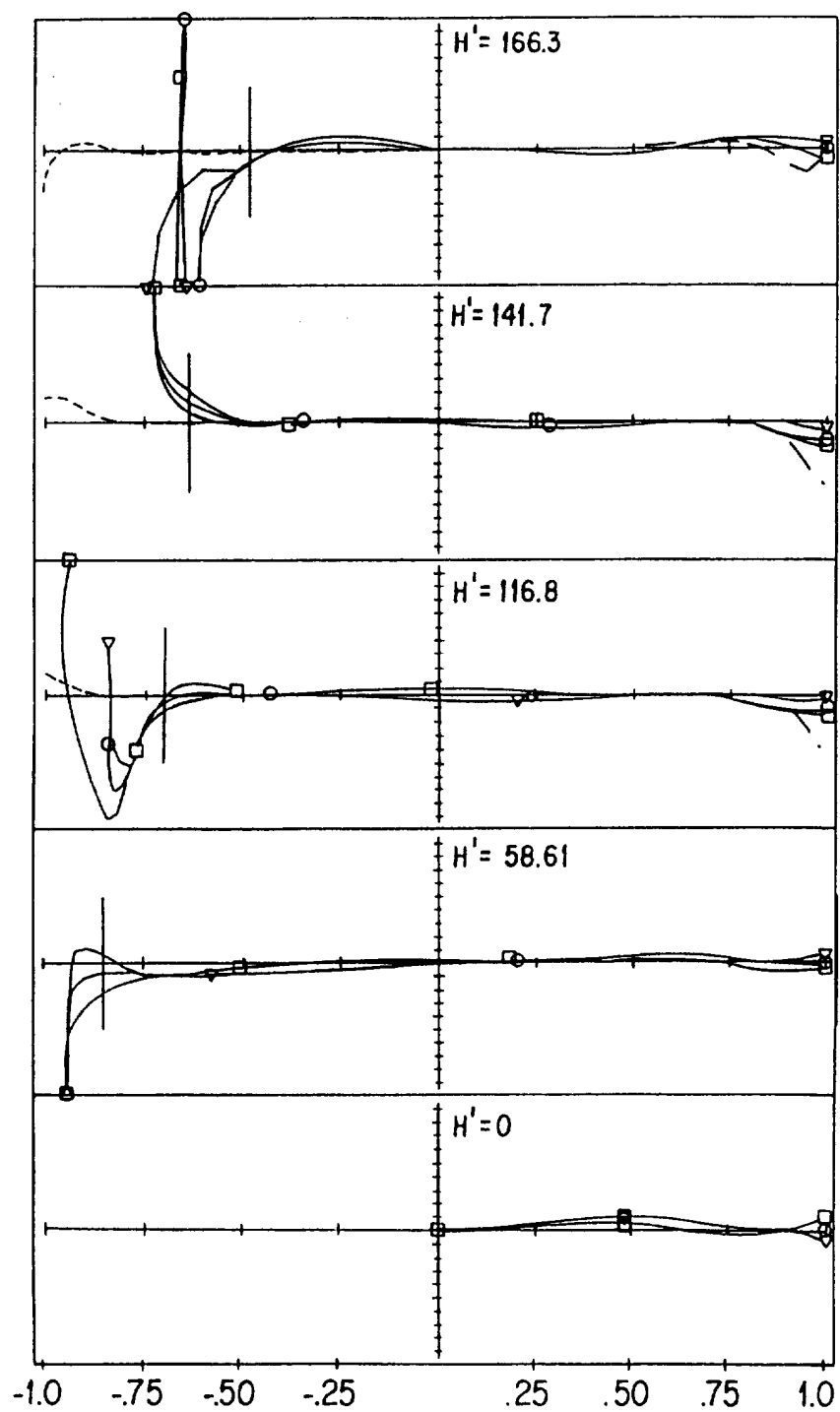


图 1D-3

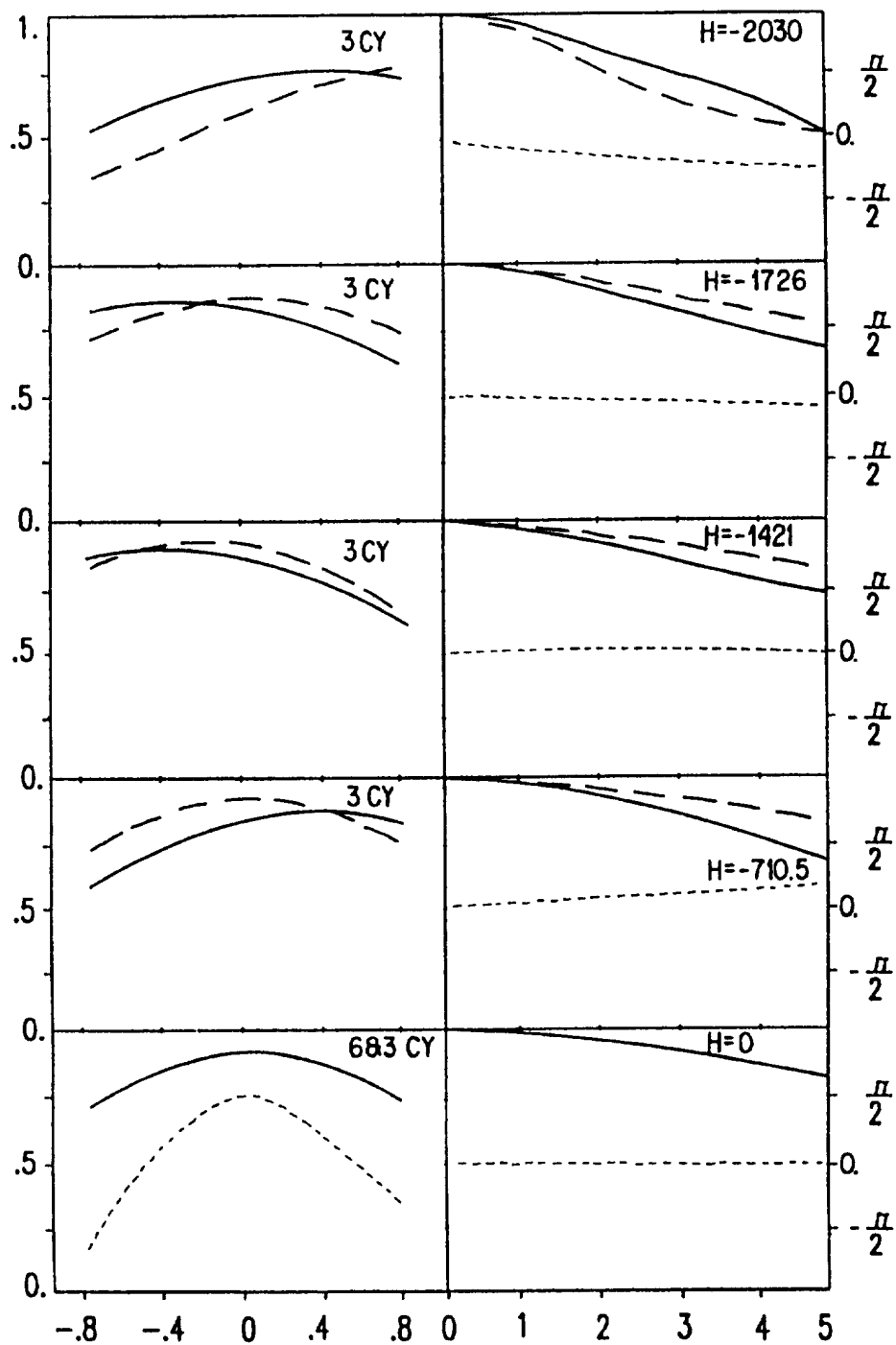


图 1D-4

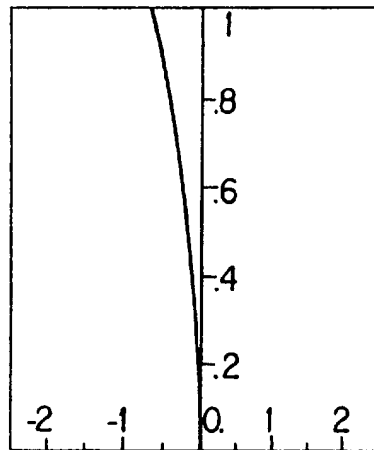


图 1E-1

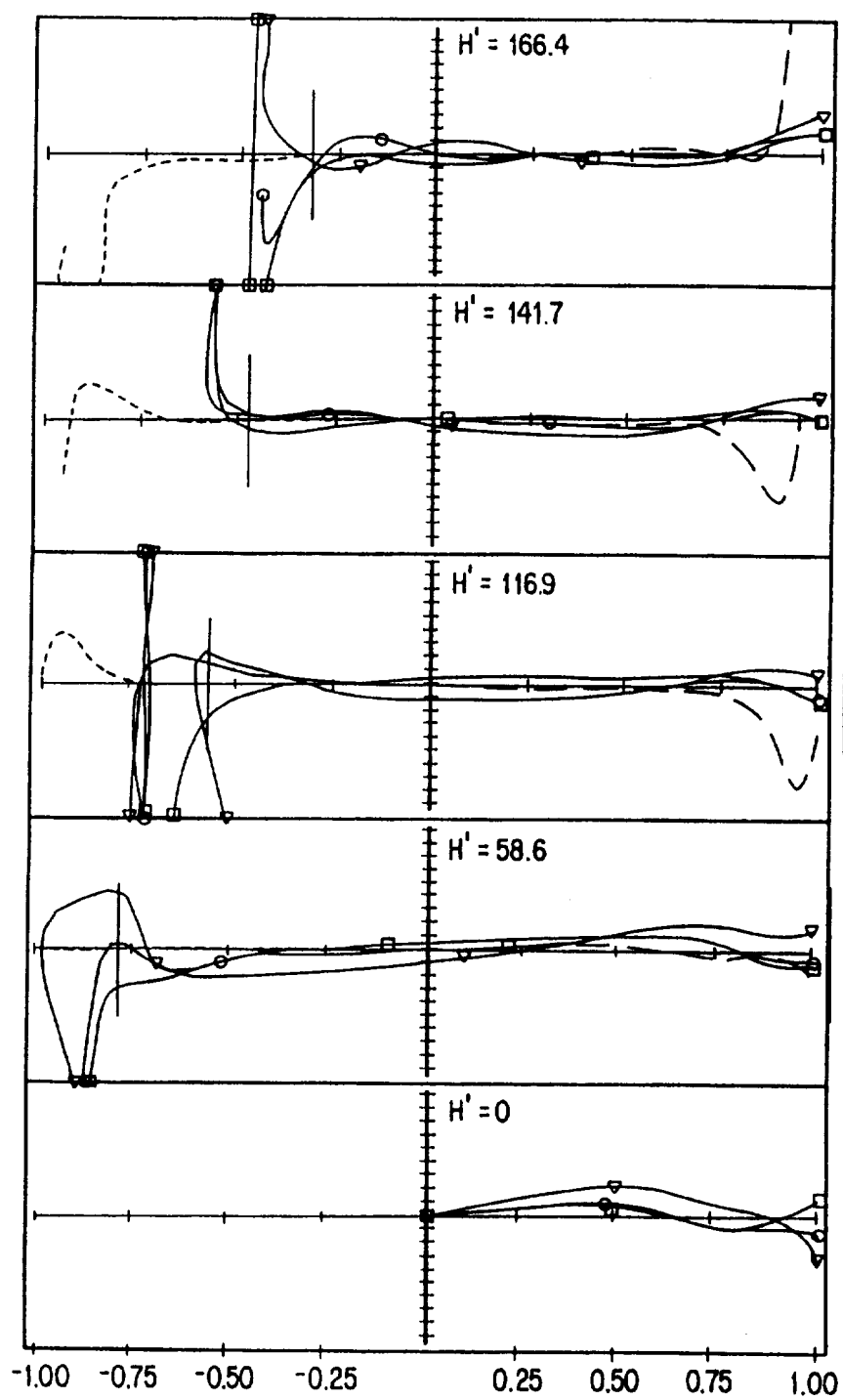


图 1E-2

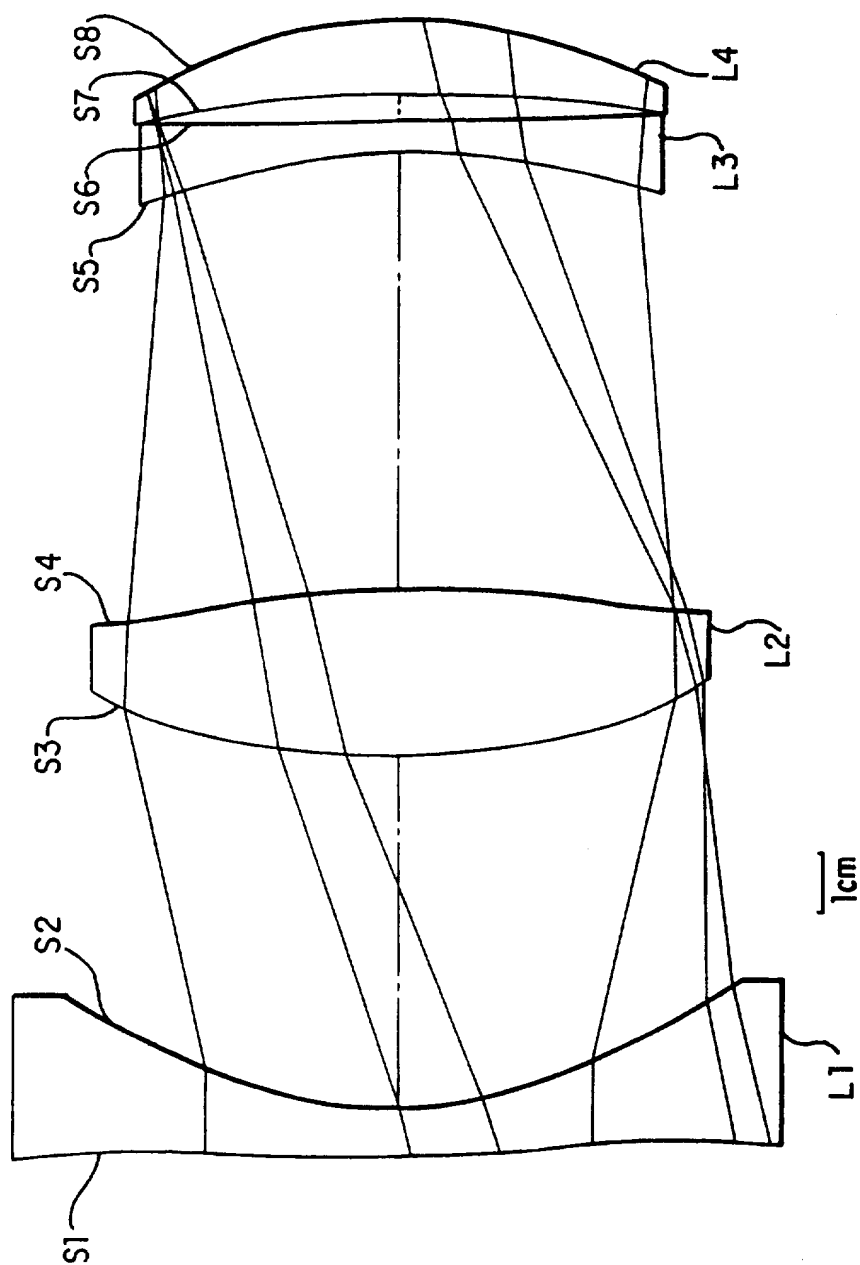


图 2A

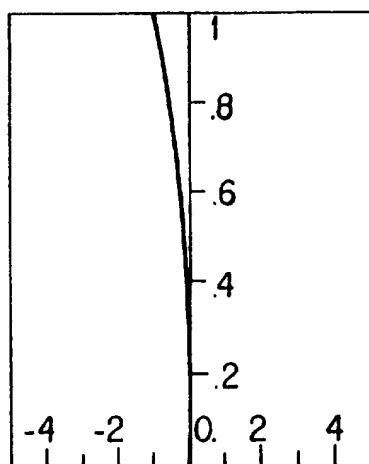


图 2B-1

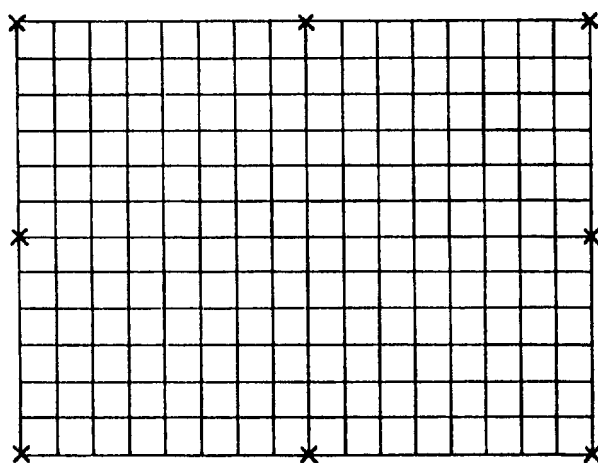


图 2B-2

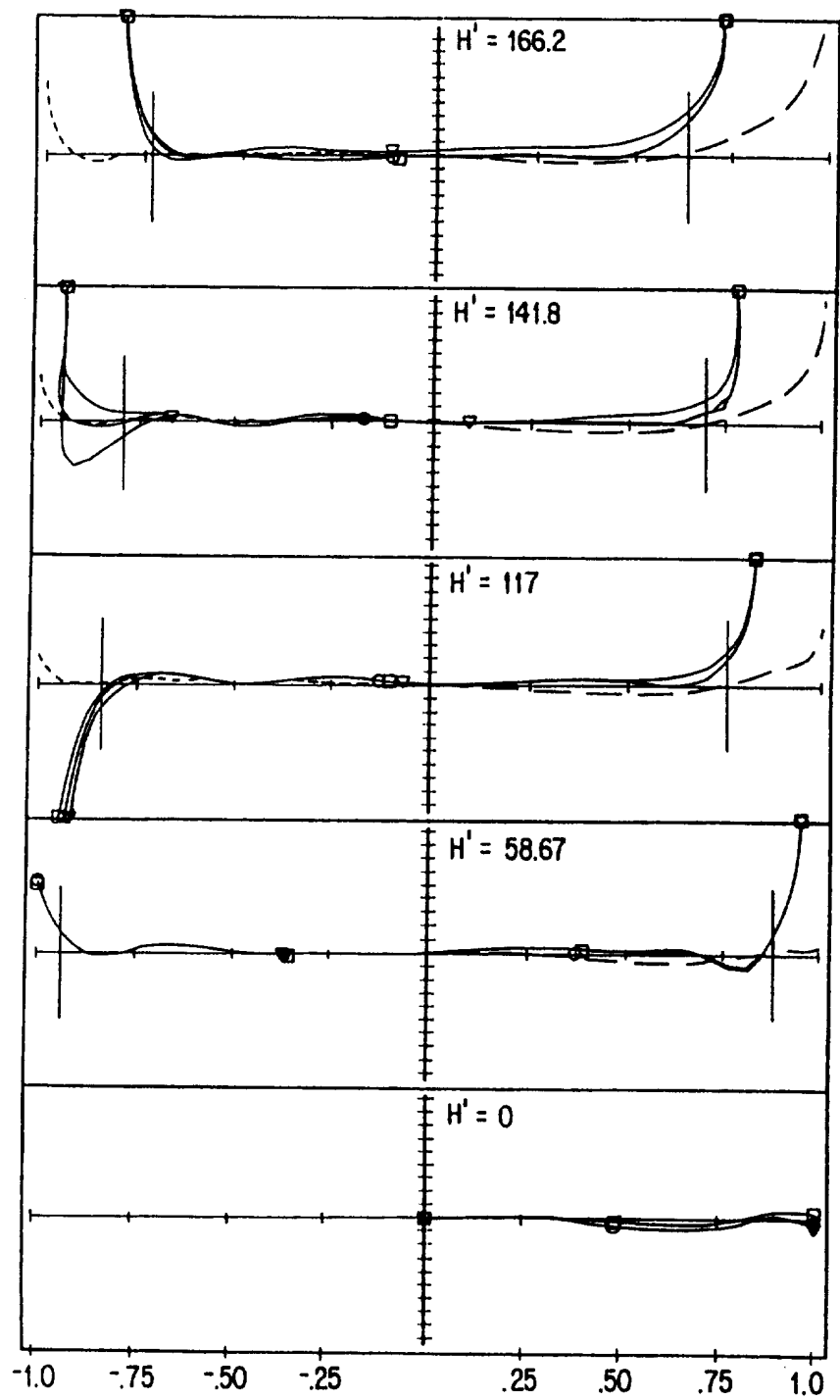


图 2B-3

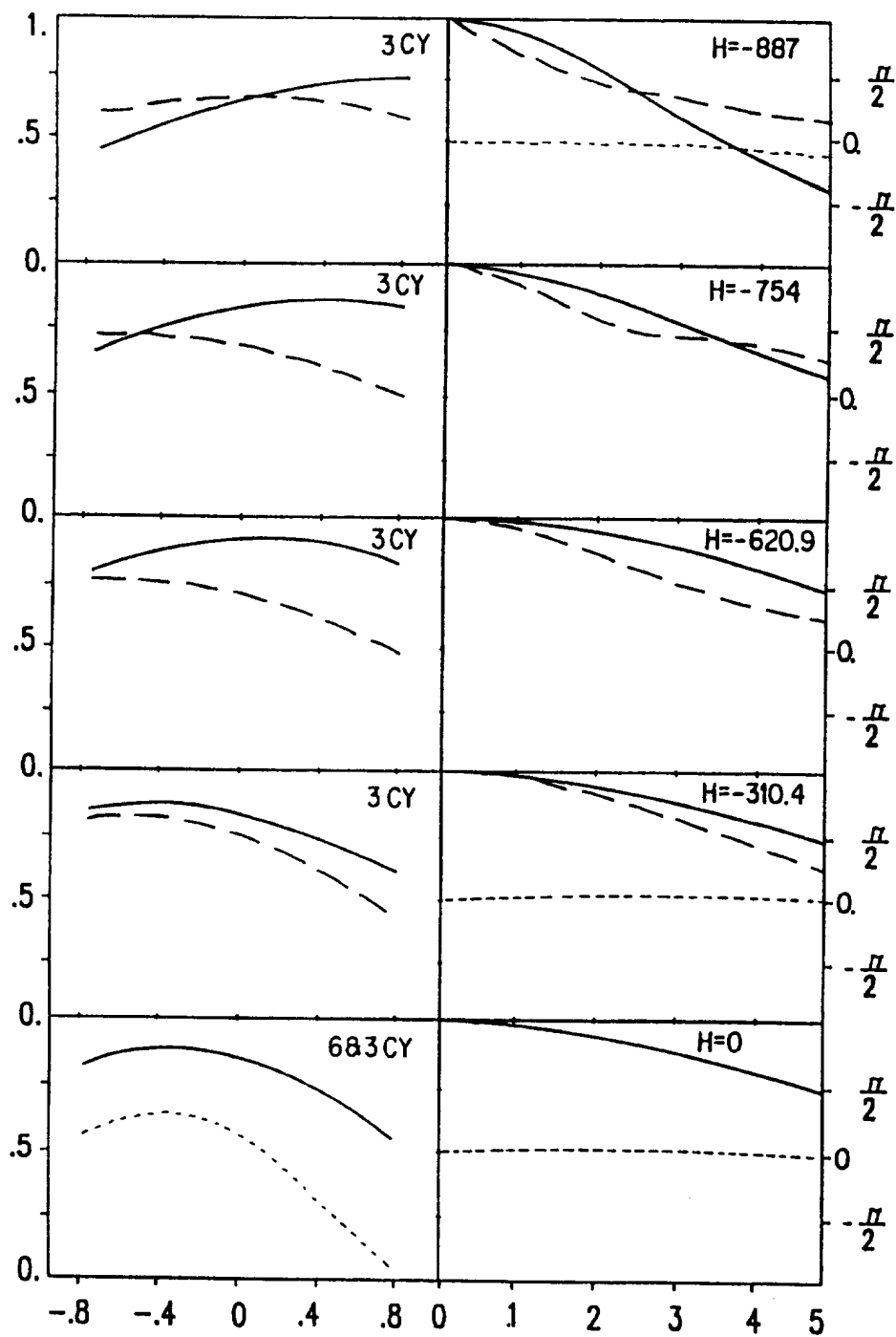


图 2B-4

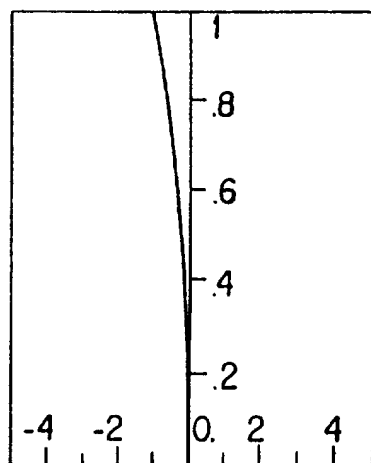


图 2C-1

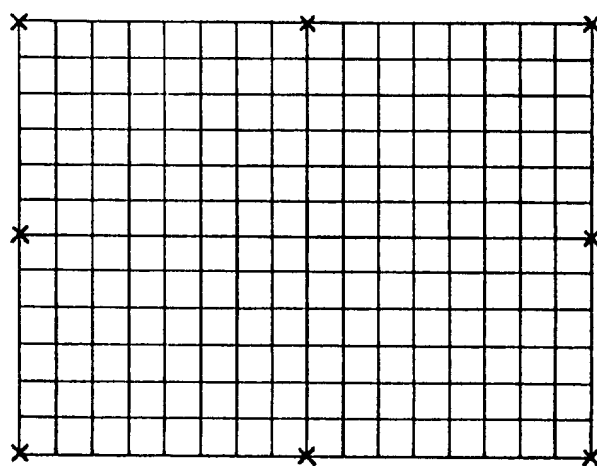


图 2C-2

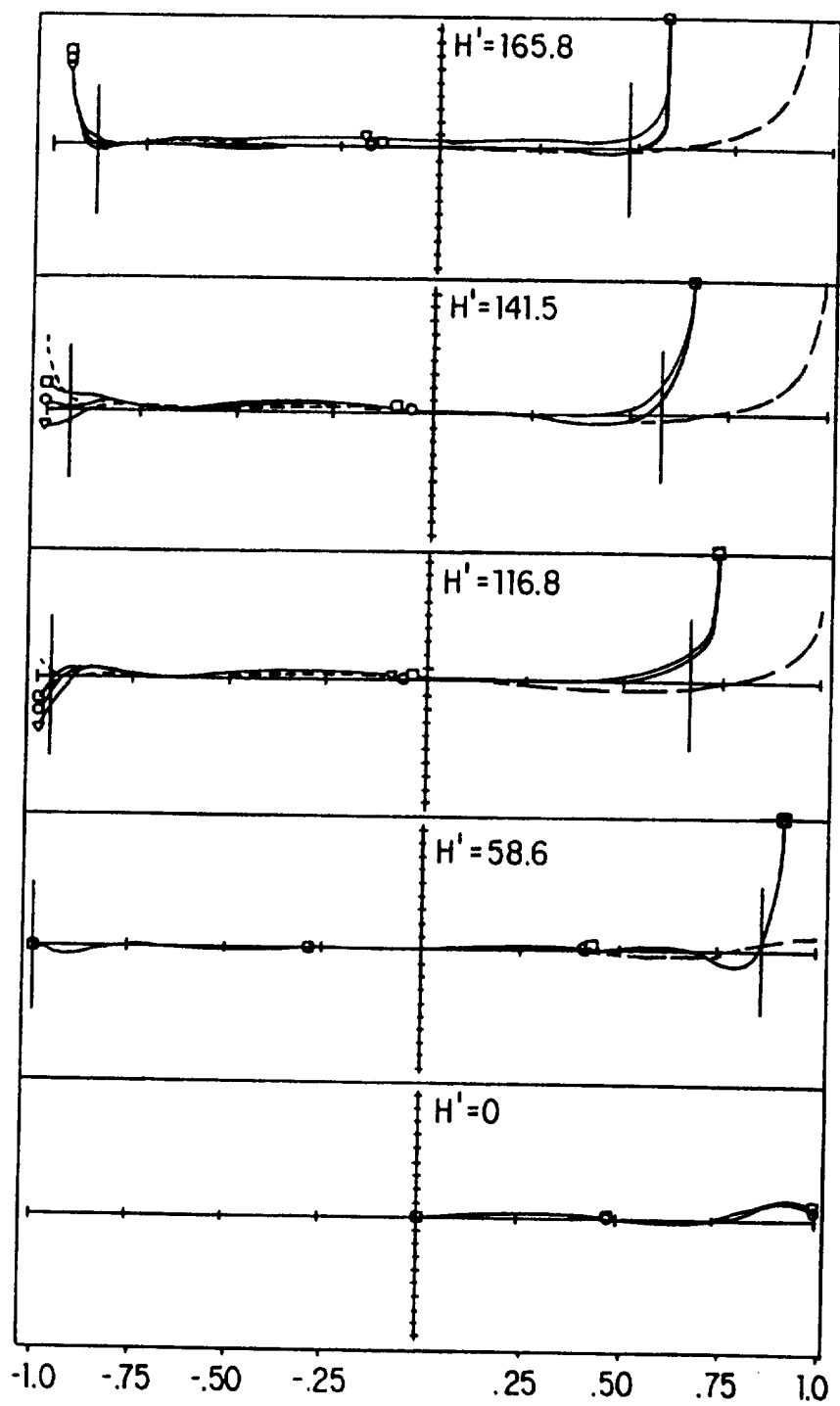


图 2C-3

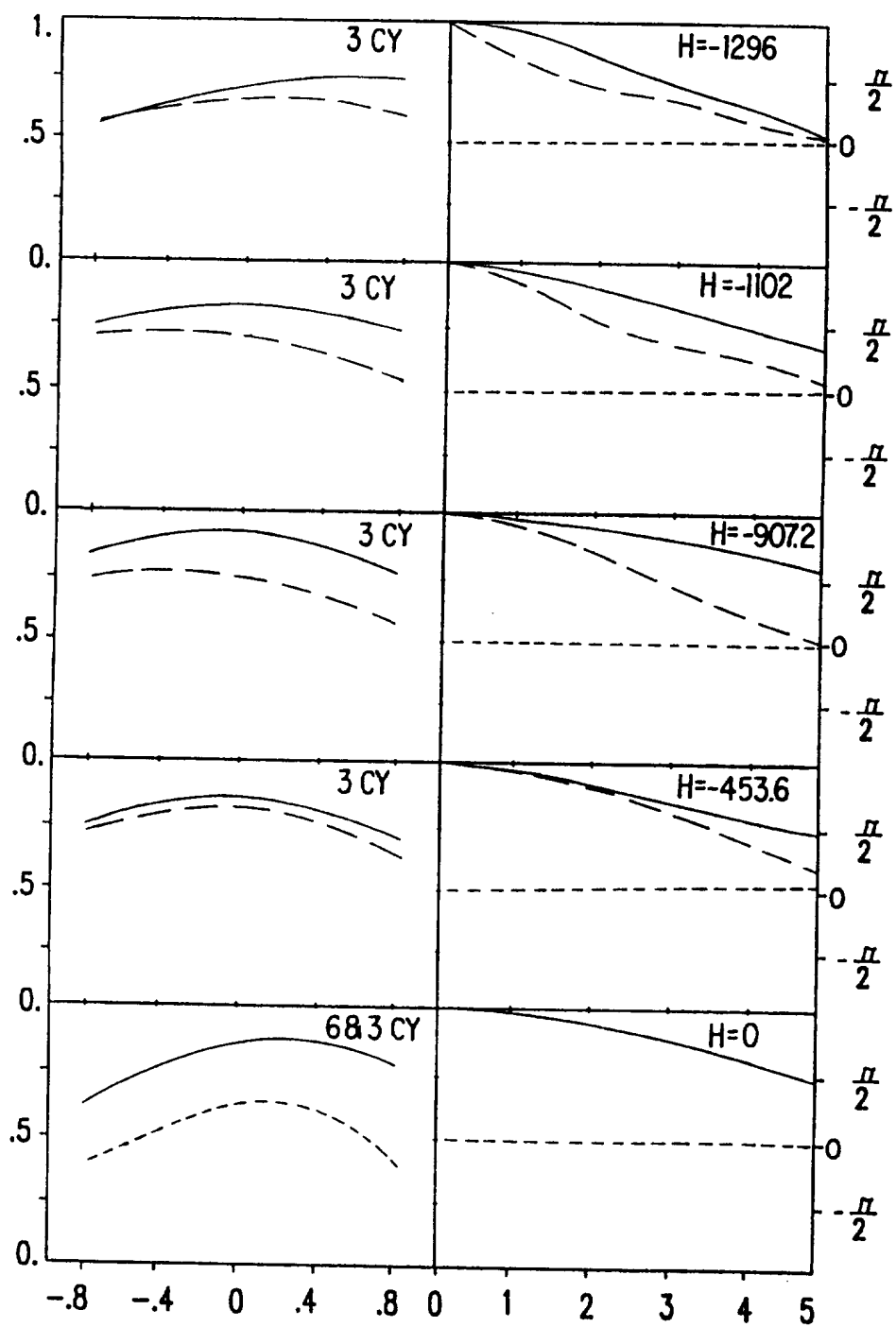


图 2C-4

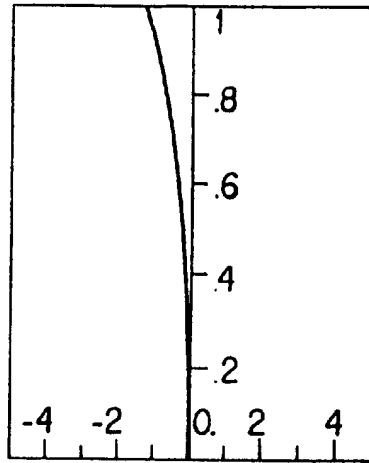


图 2D-1

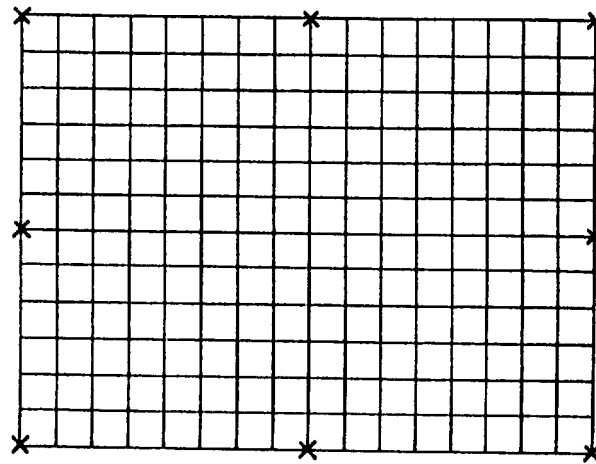


图 2D-2

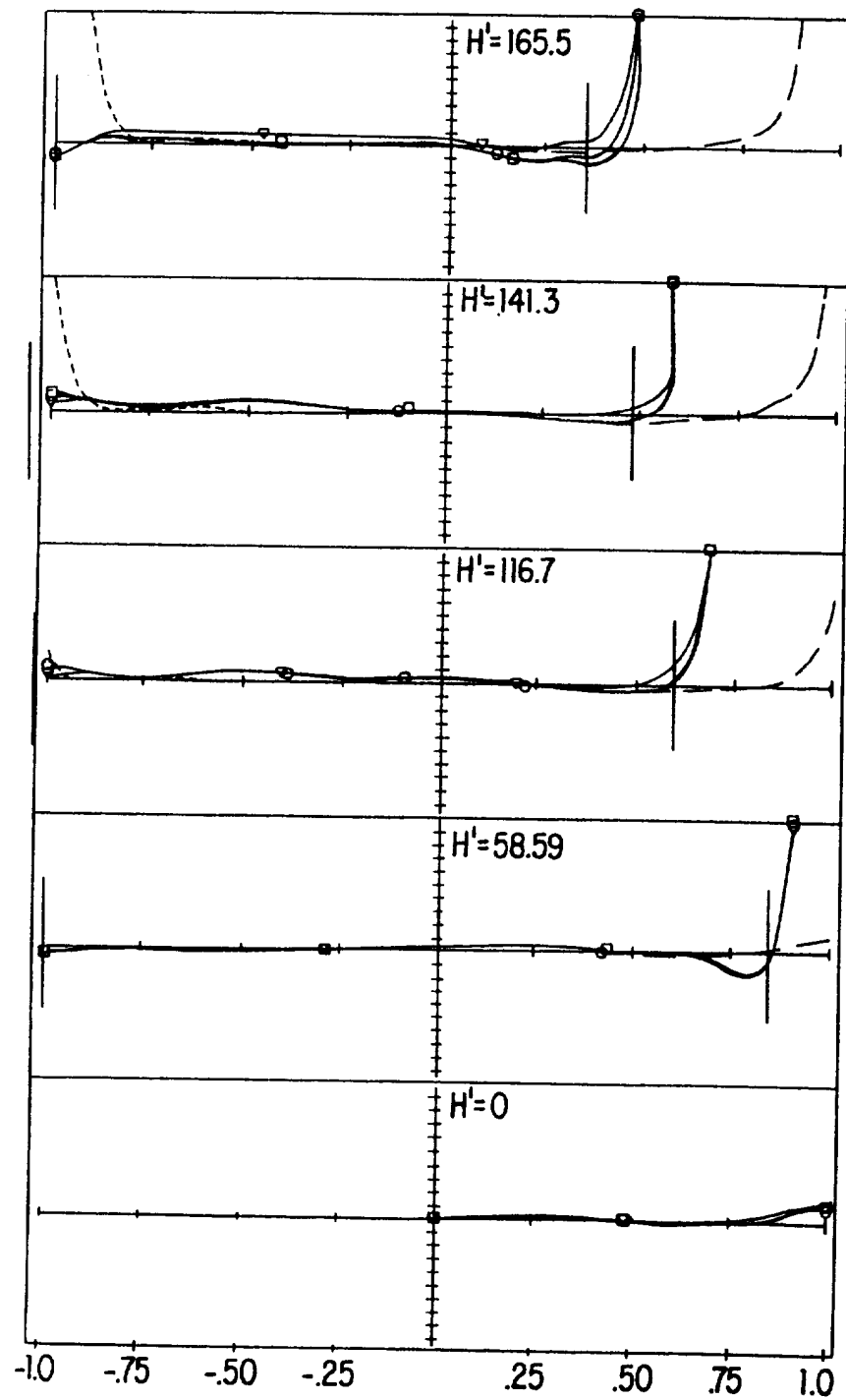


图 2D-3

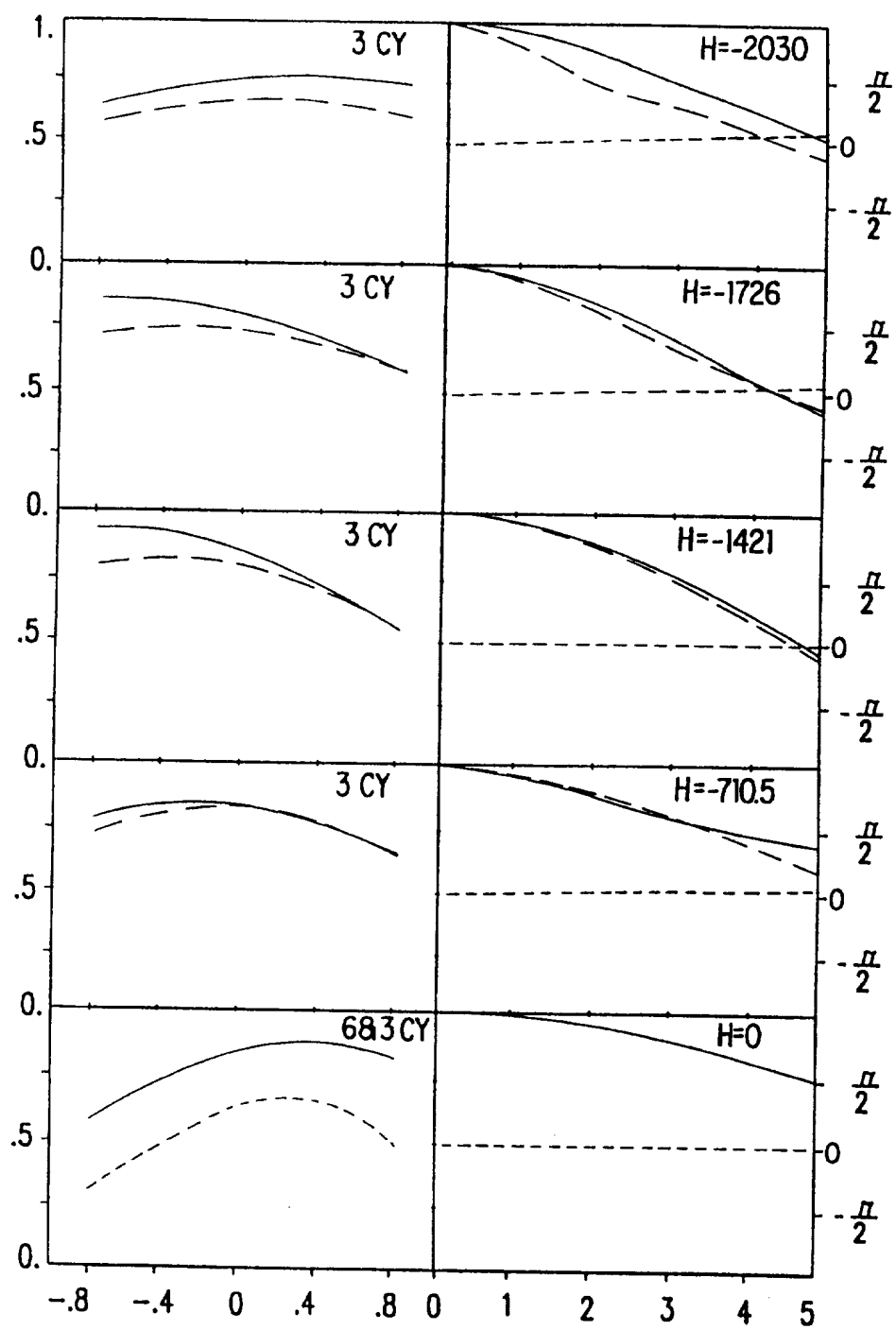


图 2D-4

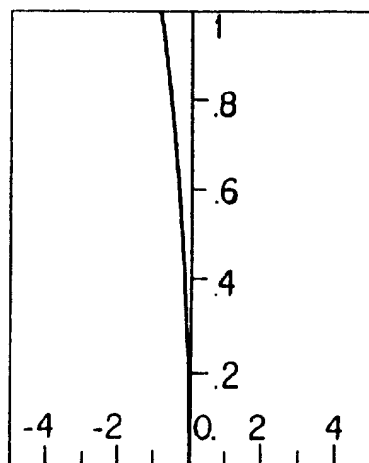


图 3B-1

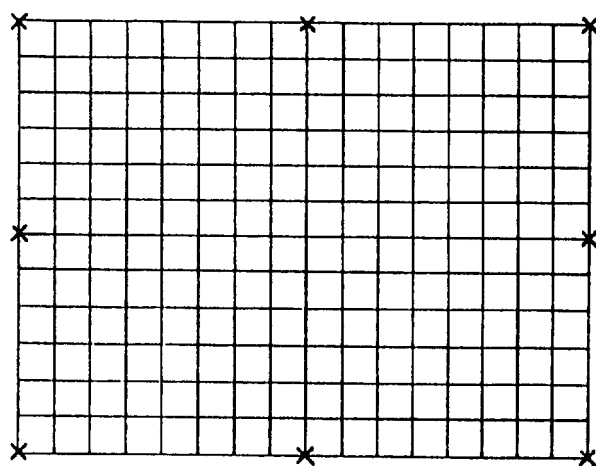


图 3B-2

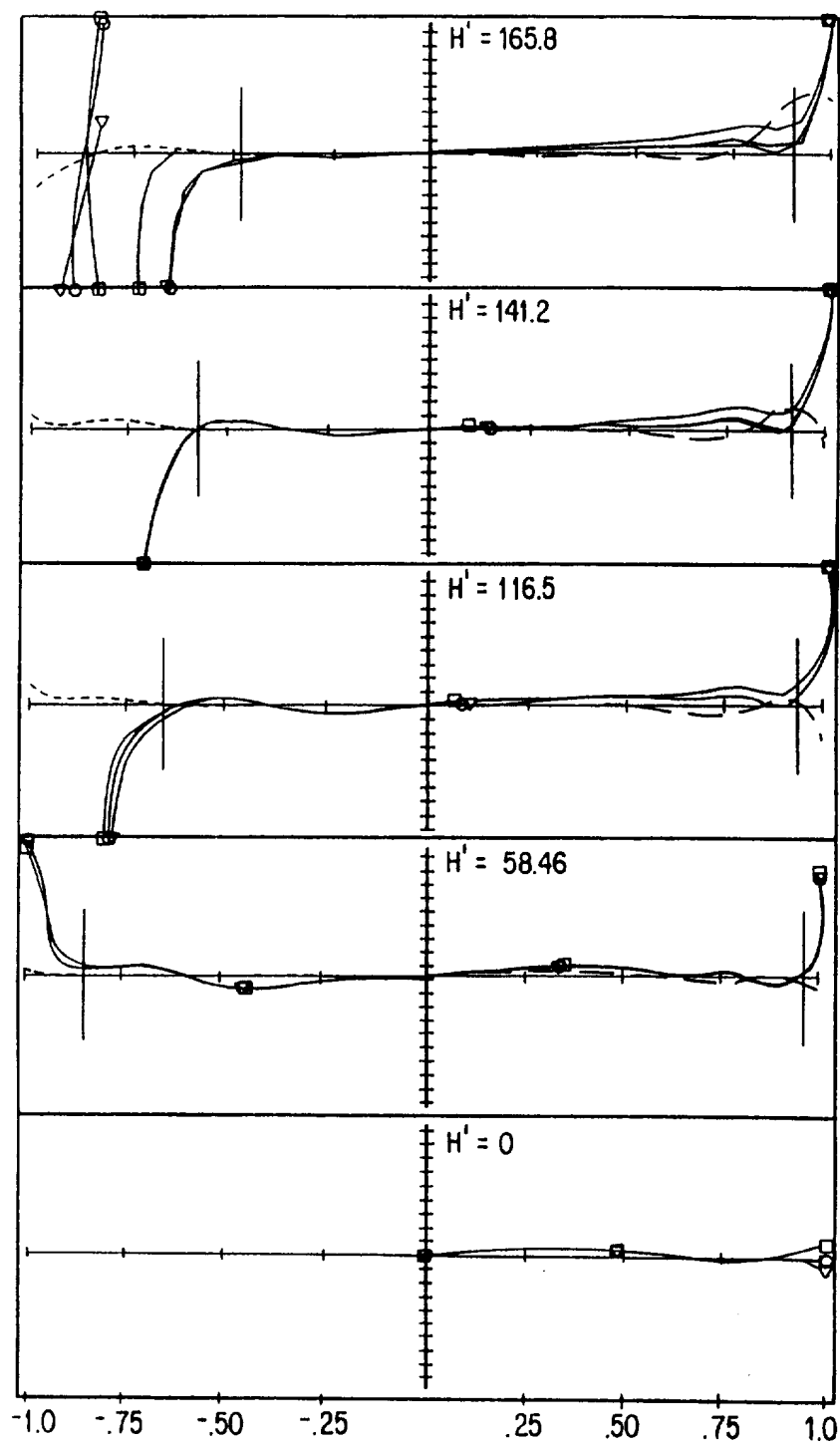


图 3B-3

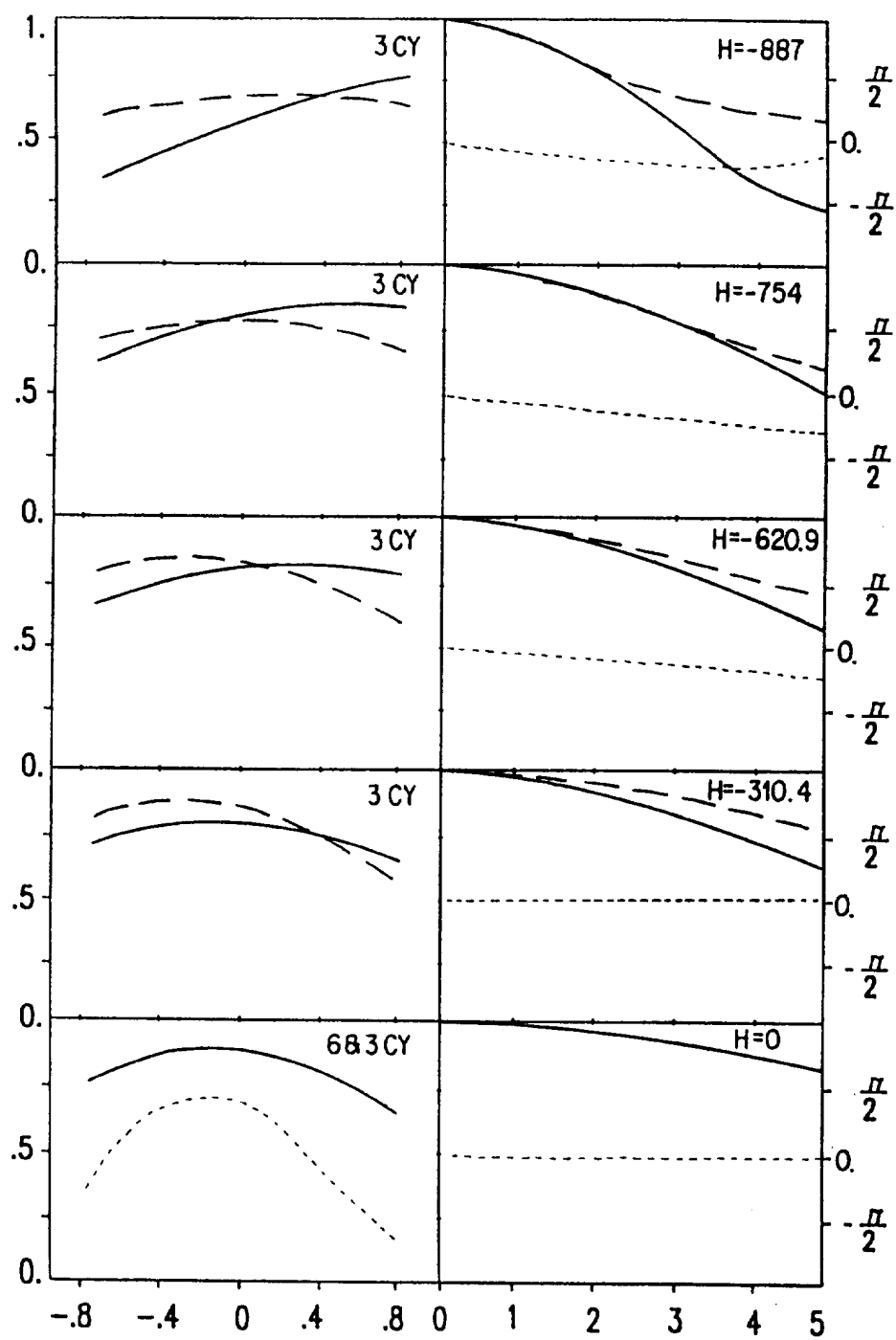


图 3B-4

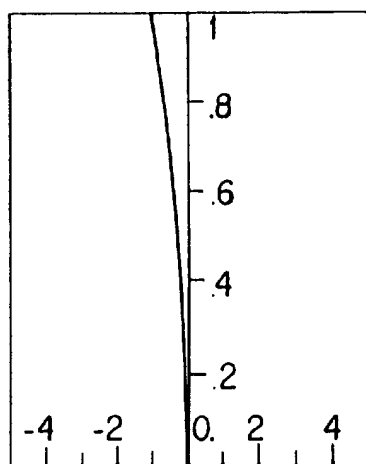


图 3C-1

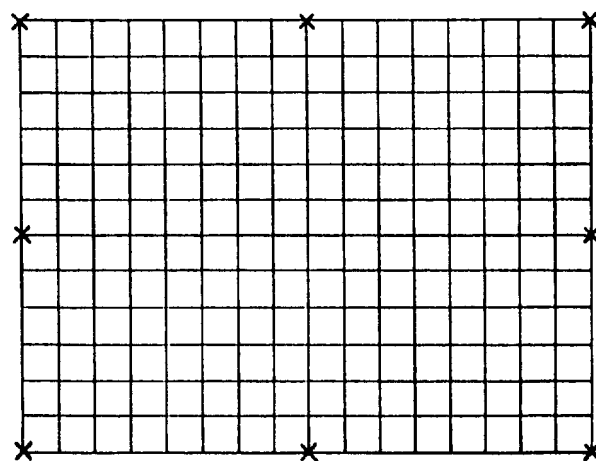


图 3C-2

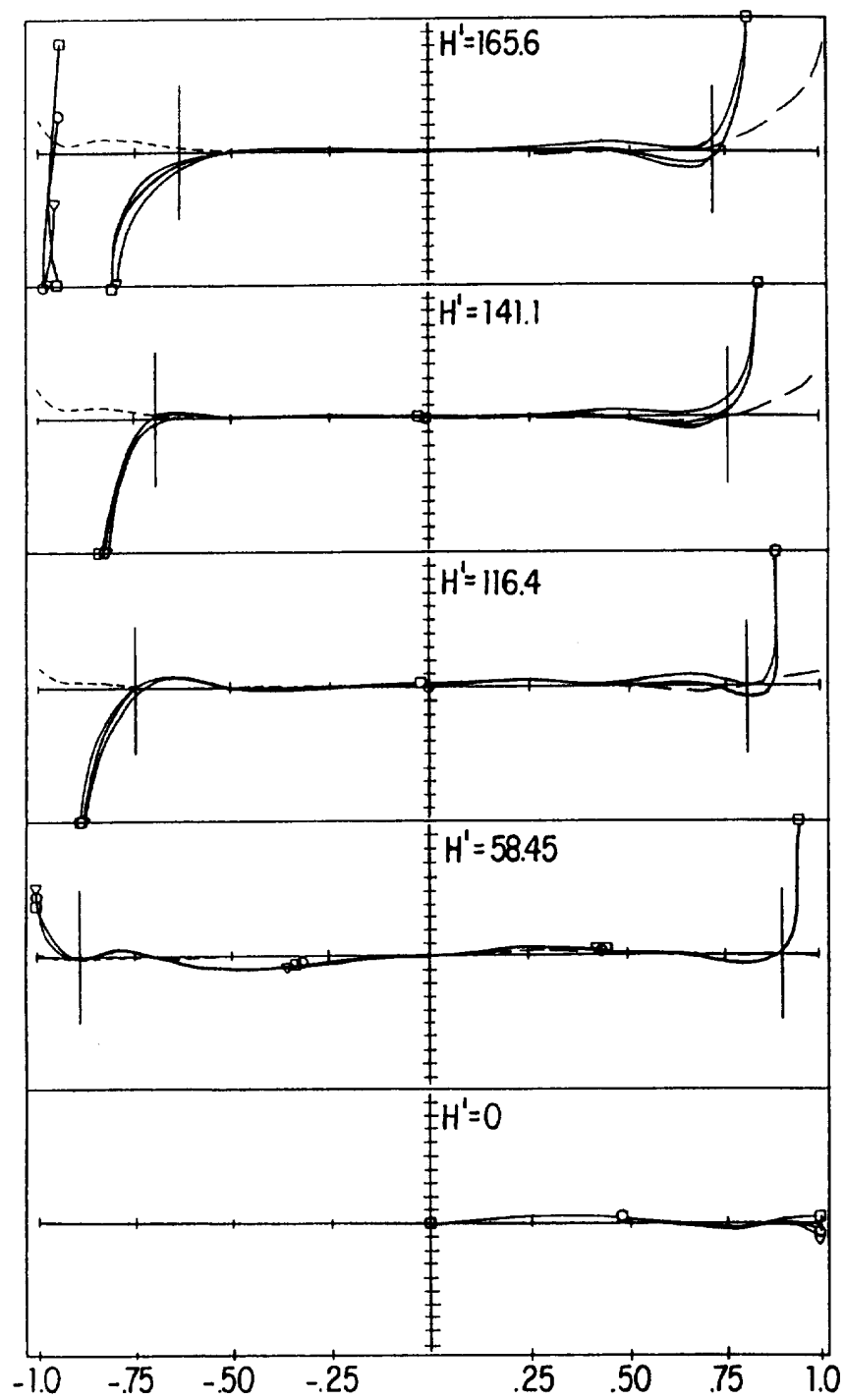


图 3C-3

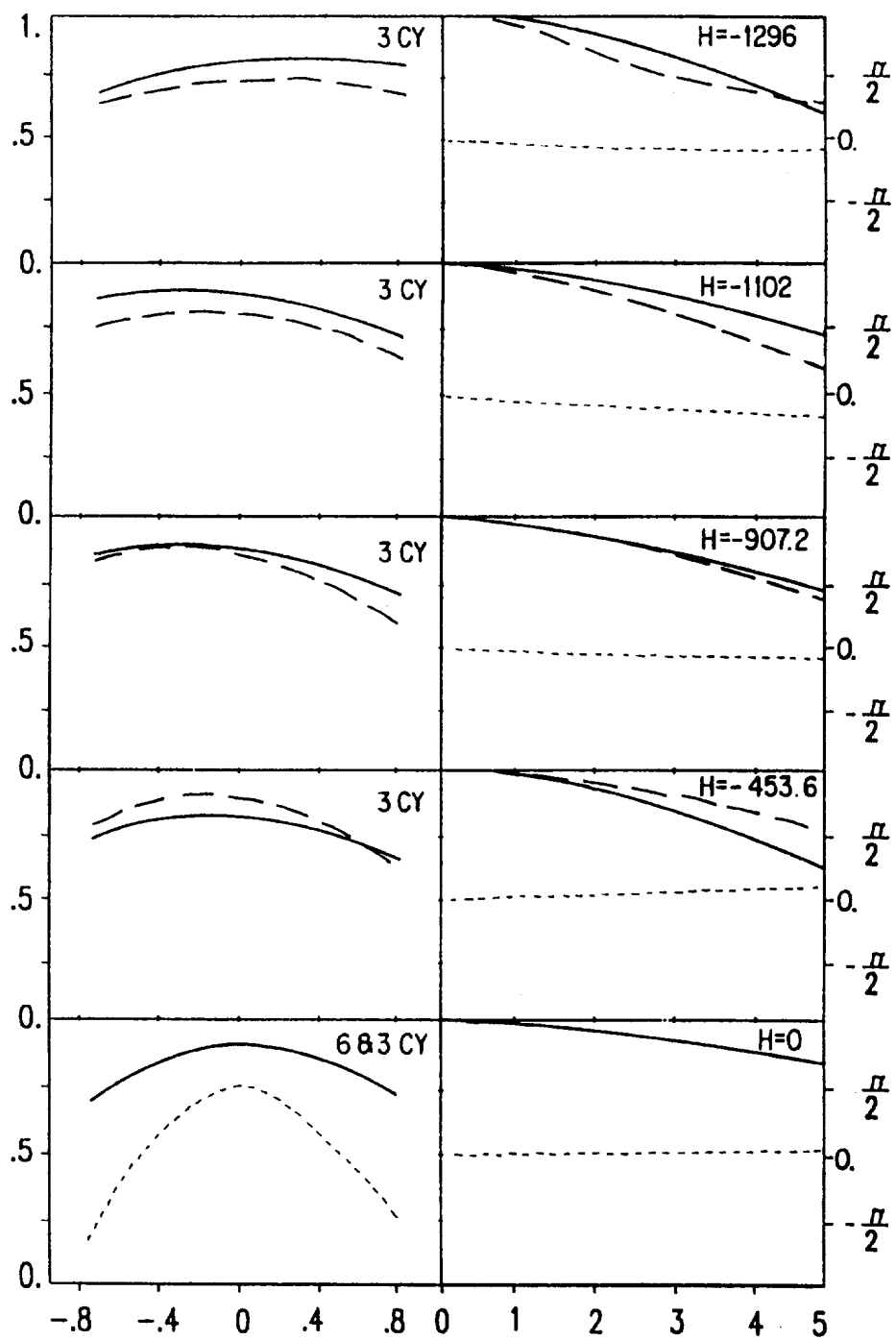


图 3C-4

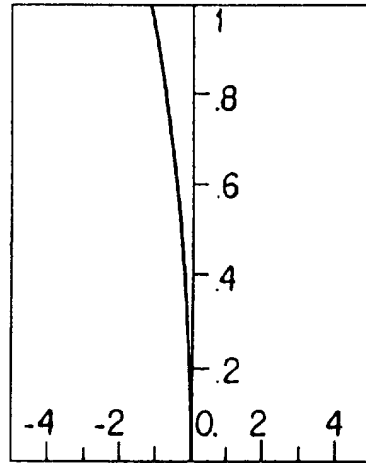


图 3D-1

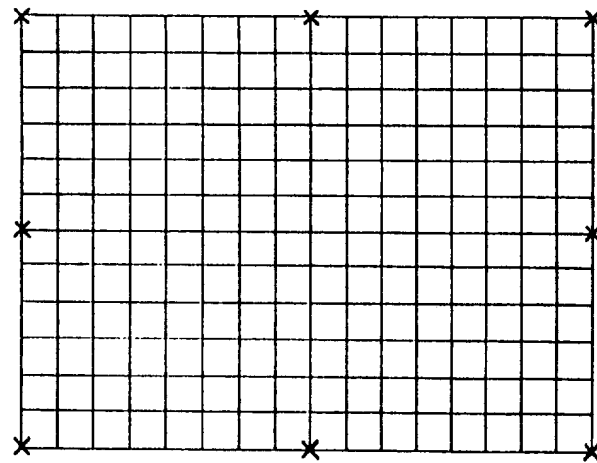


图 3D-2

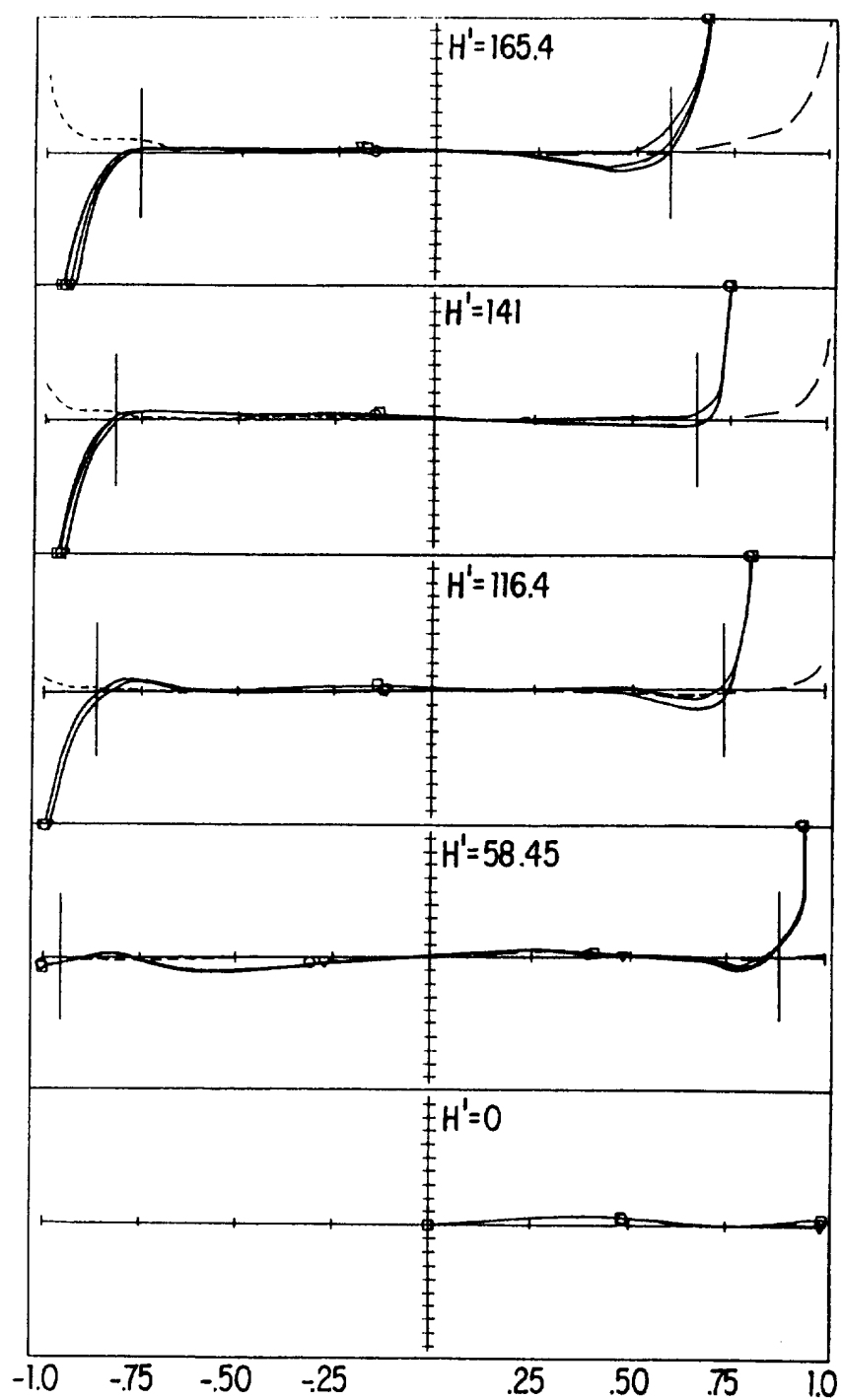


图 3D-3

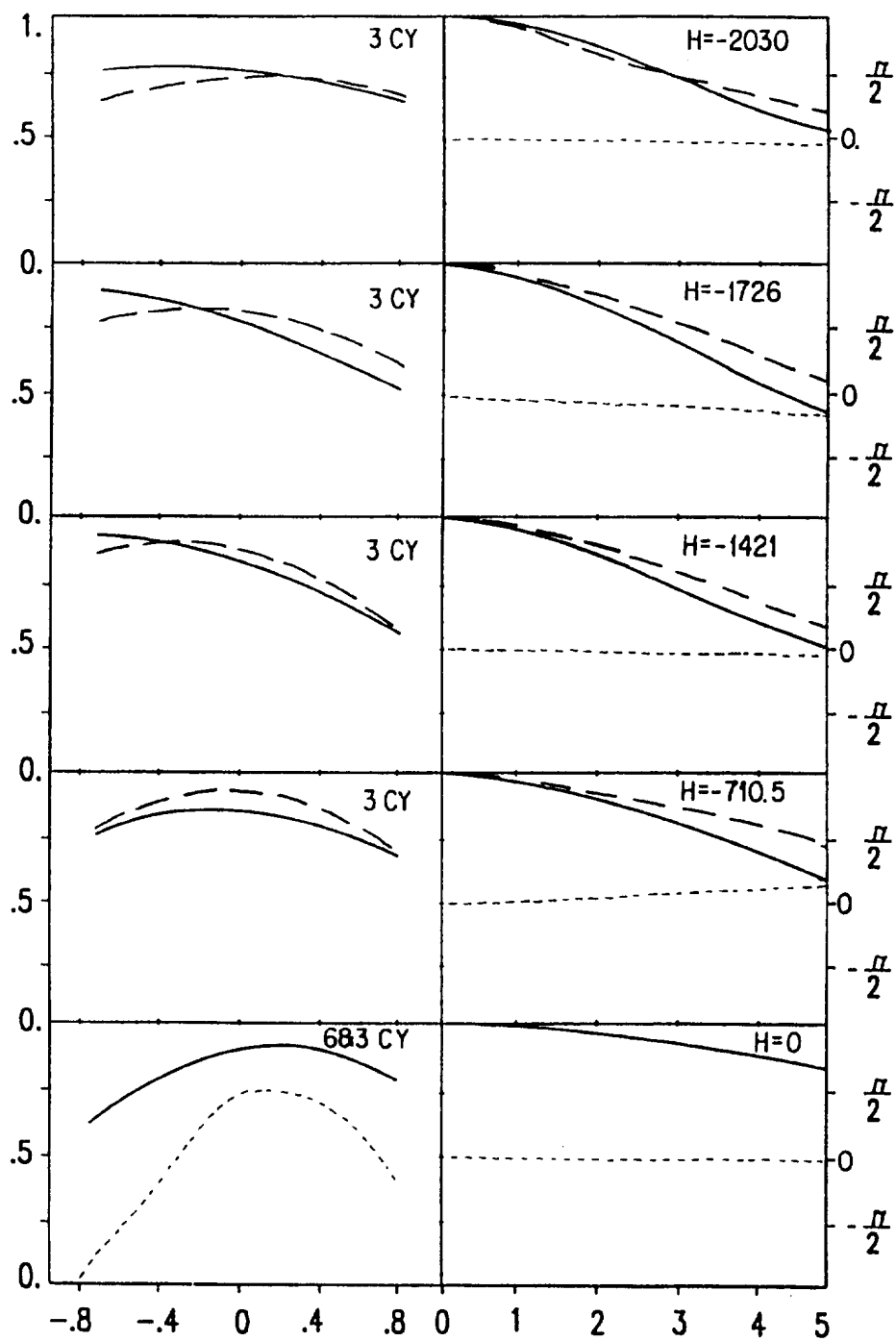


图 3D-4

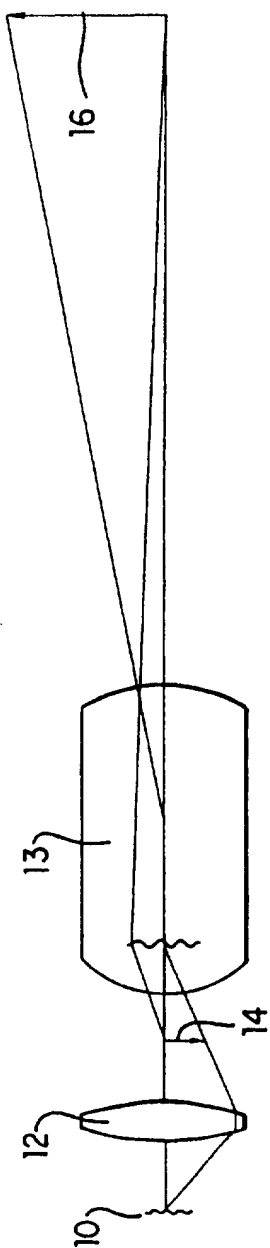


图 4